

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



WIPO | PCT



(10) Numéro de publication internationale

WO 2014/009641 A2

(43) Date de la publication internationale
16 janvier 2014 (16.01.2014)

(51) Classification internationale des brevets :
F17C 5/06 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2013/051608

(22) Date de dépôt international :
5 juillet 2013 (05.07.2013)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1256777 13 juillet 2012 (13.07.2012) FR

(71) Déposant : L'AIR LIQUIDE, SOCIÉTÉ ANONYME
POUR L'ÉTUDE ET L'EXPLOITATION DES PRO-
CÉDES GEORGES CLAUDE [FR/FR]; 75, Quai d'Or-
say, F-75007 Paris (FR).

(72) Inventeurs : BRIGLIA, Alain; Les Epineaux, F-49140
Corze (FR). DARDE, Arthur; 32 Boulevard Saint-Marcel,
F-75005 Paris (FR). GRANADOS, Ludovic; 24 Rue de
l'Oasis, F-92800 Puteaux (FR). SZAMLEWSKI, Chris-
tophe; 39, Rue Traversière, F-77380 Combs La Ville (FR).

(74) Mandataire : MERCEY, Fiona; L'air Liquide S.A, Direc-
tion de la Propriété Intellectuelle, 75, Quai d'Orsay, F-
75321 Paris Cedex 07 (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

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

Publiée :

— sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport (règle 48.2.g)

(54) Title : METHOD AND APPARATUS FOR VAPORISING CARBON DIOXIDE-RICH LIQUID

(54) Titre : PROCÉDE ET APPAREIL DE VAPORISATION DE LIQUIDE RICHE EN DIOXYDE DE CARBONE

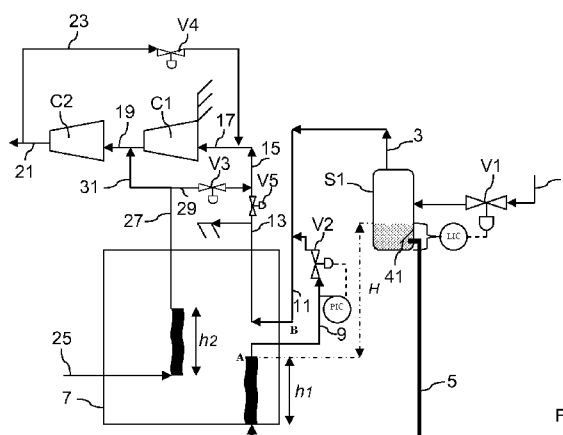


Figure 1

(57) Abstract : In a method for vaporising a carbon dioxide-rich liquid flow in which a first carbon dioxide-rich liquid flow (5) is drawn from an enclosure (S1) containing carbon dioxide-rich liquid and carbon dioxide-rich gas, the gas being at pressure P1, the first liquid flow is sent to a heat exchanger (7) where it vaporises, all the liquid from the first flow vaporises in the heat exchanger at a pressure or a plurality of pressures greater than P1, the first vaporised flow is discharged from the heat exchanger, expanded in a first expansion valve (V2) and sent back to the heat exchanger, where it heats up again.

(57) Abrégé : Dans un procédé de vaporisation d'un débit

[Suite sur la page suivante]

WO 2014/009641 A2

liquide riche en dioxyde de carbone dans lequel un premier débit liquide (5) riche en dioxyde de carbone est soutiré d'une enceinte (S1) contenant du liquide riche en dioxyde de carbone et du gaz riche en dioxyde de carbone, le gaz étant à une pression P1, le premier débit liquide est envoyé à un échangeur de chaleur (7) où il se vaporise, tout le liquide du premier débit se vaporise dans l'échangeur de chaleur à une pression ou plusieurs pressions supérieure(s) à P1, le premier débit vaporisé est sorti de l'échangeur de chaleur, détendu dans une première vanne de détente (V2) et renvoyé à l'échangeur de chaleur où il se réchauffe.

Procédé et appareil de vaporisation de liquide riche en dioxyde de carbone

5 La présente invention est relative à un procédé et à un appareil de vaporisation de liquide riche en dioxyde de carbone.

L'un des défis du traitement cryogénique de flux chargés en CO₂ pour séparer ce dernier par condensation partielle est d'éviter de geler brutalement le CO₂ liquide qui se trouve en général proche du point triple.

10 En effet, afin d'optimiser l'énergie de séparation et surtout le rendement de récupération de CO₂, il convient de refroidir le mélange dont on veut extraire du CO₂ le plus froid possible. La limite physique qui apparaît est celle de la température de solidification du liquide obtenu par condensation partielle.

15 US-A-2008/110181 décrit un procédé selon le préambule de la revendication 1.

Dans l'art antérieur, il était connu de vaporiser du CO₂ liquide à la plus basse pression possible pour fournir le froid nécessaire à la condensation partielle. Ainsi, du CO₂ liquide presque pur est vaporisé à une pression la plus proche possible du point triple car c'est ainsi que l'on génère la température la plus froide. Le CO₂ vaporisé est réchauffé et comprimé pour servir de molécules de cycle (dans le cas d'un liquéfacteur de CO₂) ou pour être exportées en tant que produit ou pour les deux applications.

25 Ce procédé est efficace car il permet un haut rendement de récupération de CO₂ à relativement faible coût énergétique (par rapport aux alternatives). Il offre aussi la possibilité de ne pas introduire d'autres gaz réfrigérants sur le site, notamment dans le cadre d'un liquéfacteur de CO₂.

L'inconvénient principal est qu'en cas de dépressurisation des zones contenant du CO₂ liquide, et principalement de la zone correspondant à la vaporisation du CO₂ à basse pression qui est la plus proche du point triple, il y a un risque de détendre rapidement le liquide avec production de deux phases : solide et gazeuse. En effet, le diagramme de phase du CO₂ interdit la phase liquide à une pression inférieure à 5,1 bars environ.

Ce CO₂ solide pourrait boucher les tuyaux et surtout les canaux d'un échangeur à plaques. D'autre part, la sublimation ou fusion de ce CO₂ solide sera malaisée car dans l'hypothèse où une fraction liquide ou solide est piégée entre deux bouchons de glace, le changement d'état pourrait
5 conduire à casser l'équipement par surpression. Ce risque lors du réchauffement est accentué par le fait que la glace de CO₂ est plus dense que le liquide, ainsi, lors de la prise en glace, il y a peu de chance de casser des équipements (contrairement à ce qui se passe avec l'eau).

L'invention vise à protéger les équipements les plus sensibles à la
10 présence de CO₂ solide, à savoir les tuyaux et surtout l'échangeur en aluminium brasé où les diamètres hydrauliques sont très faibles (de l'ordre de quelques millimètres).

Le principe est d'élever la pression de vaporisation du liquide dans l'échangeur et d'assurer mécaniquement que si la pression du système
15 chute, la prise en glace commencera ailleurs que dans les zones à faibles diamètres hydrauliques.

Selon un objet de l'invention, il est prévu un procédé de vaporisation d'un débit liquide riche en dioxyde de carbone dans lequel un premier débit
20 liquide riche en dioxyde de carbone est soutiré d'une enceinte contenant du liquide riche en dioxyde de carbone et du gaz riche en dioxyde de carbone, le gaz étant à une pression P1, le premier débit liquide est envoyé à un échangeur de chaleur où il se vaporise, tout le liquide du premier débit se vaporisant dans l'échangeur de chaleur à une pression ou plusieurs pressions supérieure(s) à P1, le premier débit vaporisé est sorti de
25 l'échangeur de chaleur, détendu dans une première vanne de détente et renvoyé à l'échangeur de chaleur où il se réchauffe caractérisé en ce que le niveau de liquide dans l'enceinte est situé à un niveau plus élevée au dessus du sol que le niveau auquel la dernière goutte de liquide riche en dioxyde de carbone se vaporise dans l'échangeur, la différence entre les deux niveaux
30 étant H.

Selon d'autres objets facultatifs de l'invention :

- H est au moins égale à 2m, de préférence au moins égale à 5m.
- du gaz de l'enceinte se réchauffe dans l'échangeur de chaleur.

- le débit vaporisé détendu dans la vanne est mélangé avec le gaz de l'enceinte et réchauffé dans l'échangeur de chaleur.

- le débit vaporisé détendu dans la vanne est envoyé à l'enceinte.

5 - le débit vaporisé détendu dans la première vanne et réchauffé dans l'échangeur de chaleur sort de l'échangeur de chaleur, est détendu dans une deuxième vanne de détente et envoyé à un compresseur pour être comprimé.

10 - un deuxième débit liquide riche en dioxyde de carbone à une pression supérieure à celui auquel le premier débit sort de l'enceinte se vaporise dans l'échangeur de chaleur et est envoyé à un niveau intermédiaire du compresseur, le premier débit vaporisé étant envoyé à l'entrée du compresseur.

- on détend une partie du deuxième débit liquide vaporisé et on l'envoie à l'entrée du compresseur.

15 Selon un autre objet de l'invention, il est prévu un appareil de vaporisation d'un débit liquide riche en dioxyde de carbone comprenant une enceinte contenant du liquide riche en dioxyde de carbone et du gaz riche en dioxyde de carbone, le gaz étant à une pression P_1 , un échangeur de chaleur, une conduite pour soutirer un premier débit liquide riche en dioxyde
20 de carbone de l'enceinte et reliée à l'échangeur de chaleur, des moyens de pressurisation pour augmenter la pression de tout le liquide du premier débit à au moins une pression de vaporisation supérieure(s) à P_1 , une conduite pour sortir le premier débit vaporisé de l'échangeur de chaleur reliée à une première vanne de détente pour détendre le premier débit vaporisé pour
25 former un débit détendu et une conduite pour renvoyer à l'échangeur de chaleur le débit détendu caractérisé en ce que le niveau de liquide dans l'enceinte est situé à un niveau plus élevée au dessus du sol que le niveau auquel la dernière goutte de liquide riche en dioxyde de carbone se vaporise dans l'échangeur, la différence entre les deux niveaux étant H .

30 Selon d'autres objets facultatifs de l'invention :

- H est au moins égale à 2m, de préférence au moins égale à 5m.

- une conduite pour envoyer du gaz de l'enceinte se réchauffer dans l'échangeur de chaleur.

- des moyens pour mélanger le débit vaporisé détendu dans la vanne avec le gaz de l'enceinte réchauffé dans l'échangeur de chaleur.
- le débit vaporisé détendu dans la vanne est envoyé à l'enceinte.
- une conduite pour sortir de l'échangeur de chaleur le débit vaporisé détendu dans la première vanne et réchauffé dans l'échangeur de chaleur reliée à une deuxième vanne de détente et à un compresseur.
- des moyens pour envoyer un deuxième débit liquide riche en dioxyde de carbone à une pression supérieure à celui auquel le premier débit sort de l'enceinte se vaporiser dans l'échangeur de chaleur et une conduite pour envoyer le deuxième débit liquide vaporisé à un niveau intermédiaire du compresseur, le premier débit vaporisé étant envoyé à l'entrée du compresseur.
- des moyens de détente d'une partie du deuxième débit liquide vaporisé reliés l'entrée du compresseur.

15 L'invention sera décrite en plus de détail en se référant à la Figure 1 qui représente un procédé selon l'invention et à la Figure 2 qui représente un détail de la Figure 1.

Un débit liquide riche en dioxyde de carbone 1 est détendu dans une vanne V1 et envoyé à un séparateur de phases S1. Ici un gaz 3 riche en dioxyde de carbone se sépare d'un liquide riche en dioxyde de carbone 5, le liquide restant en partie dans l'enceinte du séparateur de phases S1 avec un niveau de liquide. Le gaz 3 se trouve à une pression P1. Un liquide riche en dioxyde de carbone 5 est soutiré du séparateur de phases S1 à une pression au-dessus de P1, grâce au bain de liquide dans le séparateur de phases et descend vers le niveau le plus bas d'un échangeur de chaleur à plaques en aluminium brasé 7. La hauteur parcourue élève encore plus sa pression. Le liquide 5 se vaporise dans un passage de l'échangeur de chaleur formant une colonne de liquide. Dans cette colonne, le liquide se vaporise graduellement, la dernière goutte de liquide se vaporisant à un point A, à un niveau h1 au dessus du bas de l'échangeur de chaleur. Ainsi la colonne de liquide a une hauteur h1. La différence de hauteur entre le niveau A et le niveau de liquide dans l'enceinte S1 est égal à H, H étant supérieure à 1m, voire supérieure à 5m.

Le liquide vaporisé 9 sort de l'échangeur peu après le niveau A et est détendu dans une vanne V2, par exemple jusqu'à la pression P1. Comme on peut le voir sur le schéma ci-joint, l'ajout de la vanne V2 après la vaporisation de CO₂ à basse pression permet d'élever la pression de CO₂ liquide dans l'échangeur. Cette perte de charge peut servir à élever le séparateur de phases S1 contenant la réserve courante de liquide alimentant la vaporisation de CO₂ à basse pression et ainsi à réduire sa pression par rapport à la pression subie dans l'échangeur 7. Une hauteur hydrostatique H de 6 mètres conduit à environ 600mbars d'écart de pression soit environ 10% des 5,1 bars du point triple.

Le gaz détendu dans la vanne V2 est renvoyé à l'échangeur 7 à un niveau B au-dessus de A, réchauffé et sort de l'échangeur 7 comme débit 13. Le débit 13 peut être détendu dans une vanne V5 ou peut court-circuiter celle-ci. Le débit 13 devenu 15 est envoyé à un premier étage C1 d'un compresseur, comprimé pour former un débit 19, comprimé dans un deuxième étage C2 du compresseur et produit comme produit 21 qui est un gaz riche en dioxyde de carbone.

Le gaz 3 provenant du séparateur de phases S1 est mélangé avec le débit vaporisé 9 en aval de la vanne de détente V2.

Si le compresseur C1, C2 traitant le CO₂ vaporisé à basse pression s'emballe et aspire trop de CO₂, toute la pression en amont va chuter. La pression dans l'échangeur 7 va donc baisser, mais avant qu'elle n'atteigne la pression du point triple (conduisant à la formation de neige carbonique), la pression du séparateur de phases S1 va atteindre cette pression et du liquide va détendre pour former du solide et une phase gaz. Les proportions approximatives des produits sont d'un tiers de gaz pour deux tiers de solide. Cette fraction gazeuse va alimenter l'aspiration du compresseur C1, C2 et donner ainsi un peu plus de temps pour réduire le rythme d'aspiration de celui-ci avant d'avoir transformé en solide et gaz tout le liquide du séparateur de phases S1.

En effet, la pression du séparateur de phases S1 restera à la pression du point triple, tant que tout le liquide n'aura pas été transformé en solide et gaz. L'analogie la plus connue concerne un liquide bouillant : tant que toute la

phase liquide n'est pas évaporée, la température ne monte pas quel que soit le chauffage. En revanche, lorsque le niveau de liquide du séparateur de phases S1 chute, la zone à la pression du point triple descend. En pratique, la pression du point triple doit se trouver à l'interface liquide – gaz, donc en régime stable (non turbulent), à la surface, puisque le poids du liquide fait augmenter la pression à mesure que l'on s'enfonce sous la surface. Lorsque cette interface descend dans le tuyau d'alimentation du liquide de l'échangeur 7, la pression dans ce dernier chute aussi, puisque la hauteur hydrostatique diminue (hauteur H dans la figure ci-dessous), on se rapproche alors de l'apparition de la phase solide dans l'échangeur 7.

On notera en outre que le retour du CO₂ vaporisé à basse pression ne se fait pas dans le séparateur de phases S1 par défaut et comme illustré car si le CO₂ contient des éléments lourds (NOx, hydrocarbures, etc.) qui ne seraient pas entièrement vaporisés, un retour dans le séparateur S1 de la phase vaporisée (fonctionnement en « thermosiphon ») conduirait à l'accumulation de ces éléments lourds dans le liquide

Par contre le CO₂ est pur ou au mieux dépourvu d'éléments lourds, on peut envisager de ramener le CO₂ vaporisé dans le séparateur de phases S1 d'où la fraction gazeuse 3 s'échappe en tête. L'intérêt est alors que l'on réduit le risque d'envoyer du CO₂ liquide au bout chaud de l'échangeur E1 lorsque les calories ne sont pas disponibles en quantité suffisante pour la vaporisation de tout le liquide.

Il convient de positionner la sortie liquide du séparateur de phases S1 de telle manière à éviter d'entraîner des glaçons de CO₂ s'ils se sont formés dans le séparateur S1. Une grille de protection ou une plaque déflectrice pourrait faire l'affaire, combinée au fait que la prise de liquide ne s'effectue pas en point bas. Il faut se rappeler à cet égard que les glaçons de CO₂ vont couler dans le liquide (contrairement à la glace d'eau).

Il existe d'autres façons d'aider à ne pas faire chuter trop vite la pression dans le séparateur S1 :

- a. renvoi d'une partie du CO₂ vaporisé à plus haute pression vers l'aspiration du CO₂ à basse pression (vanne V3) ;

b. l'ajout d'une vanne V5 permettant d'augmenter la différence de pression entre le séparateur de phases S1 et l'aspiration du compresseur C1, C2, cela permet de se donner un peu plus de temps pour réagir en cas de chute de pression à l'aspiration du compresseur, on peut ainsi fermer
5 progressivement cette vanne lorsque la pression chute ;

c. l'utilisation de l'anti-pompage du compresseur C1, C2 pour stabiliser sa pression d'aspiration (vanne V4) ;

d. l'utilisation des IGV (« Inlet Guide Vanes » ou aubages d'aspiration) pour réguler le débit aspiré.

10 Les mesures indiquées ci-dessus (y compris l'objet principal de l'invention) conduisent toutes à une augmentation de l'énergie spécifique de traitement du CO₂, soit de façon continue (cas des vannes V2 et V5 qui augmentent la température de vaporisation dans l'échangeur et donc réduisent le rendement de récupération du CO₂ car le gaz traité est moins
15 refroidi), soit de façon exceptionnelle (cas des vannes V3 ou V4, éventuellement V5 si elle n'est utilisée que de façon exceptionnelle).

Seule la régulation sur les IGV n'affecte que très marginalement l'énergie en éloignant le compresseur de son point de fonctionnement optimal. L'inconvénient cependant de cette régulation est qu'elle est lente
20 (plusieurs dizaines de secondes) et peu réactive et donc surtout adaptée pour des régulations longues lorsque l'on prévoit de changer la charge de l'unité par exemple.

Dans la lignée de l'invention consistant à réduire le risque de la prise en glace dans les zones proches du point triple, une nouvelle invention
25 consiste à améliorer l'énergie du système ainsi obtenu.

La Figure 2 montre en plus de détail le séparateur de phases S1 et ses connexions. Le débit liquide riche en dioxyde de carbone 1 est détendu dans la vanne V1 et envoyé au séparateur de phases S1. Ici un gaz 3 riche en dioxyde de carbone se sépare d'un liquide riche en dioxyde de carbone 5,
30 le liquide restant en partie dans l'enceinte du séparateur de phases S1 avec un niveau de liquide. Le gaz 3 se trouve à une pression P1. Un liquide riche en dioxyde de carbone 5 est soutiré du séparateur de phases S1 à une

pression au-dessus de P1, grâce au bain de liquide dans le séparateur de phases.

L'ouverture de la vanne V1 est commandée par le niveau de liquide dans le séparateur de phases S1.

5 Il est prévu d'opérer en continu avec le séparateur de phases S1 à la pression du point triple. Il y aura ainsi constamment concomitance des trois phases. La pression du séparateur de phases S1 sera ainsi stabilisée car tant qu'il contiendra du liquide et du solide, la pression ne pourra s'éloigner de celle du point triple. La pression à l'aspiration du compresseur sera ainsi
10 stabilisée. S'il aspire trop, du solide sera créé dans le séparateur S1 par formation rapide de liquide en solide et gaz. S'il n'aspire pas assez, le niveau du séparateur S1 aura tendance à monter et la vanne d'alimentation V1 se fermera.

Cela permet de réduire la pression de vaporisation dans l'échangeur 7
15 puisqu'elle diffère de celle du séparateur S1 d'une valeur fixe liée à la hauteur hydrostatique.

Il faut alors s'assurer que la neige carbonique du séparateur S1 ne soit pas entraînée vers l'échangeur 7. Rappelons-nous que la neige carbonique est plus dense que le liquide et a donc tendance à couler. D'autre
20 part, il est vraisemblable que cette neige carbonique soit présente sous la forme de cristaux en suspension de petite taille.

Un système de plaque déflectrice 41 et de grille 43, combiné à une prise latérale de liquide 35, 37 aidera à éviter d'entraîner l'essentiel du solide.

Les sorties de liquide 35, 37 sont reliées à la paroi verticale du
25 séparateur de phases et non pas à la cuve. Le liquide soutiré par la conduite 35 et la vanne ouverte V8 et le liquide soutiré par la conduite 37 et la vanne ouverte V7 sont mélangés pour former le débit liquide 5.

Les grilles 43 sont installées autour des sorties de liquide pour empêcher le solide de sortir. Une plaque déflectrice est installée au-dessus
30 de chaque sortie 35, 37 pour empêcher le solide de descendre vers la sortie.

Cependant, comme le mouvement général du liquide sera un écoulement vers la sortie liquide, la glace flottant à mi-niveau s'accumulera vraisemblablement sur la grille de protection.

Une proposition pour éviter ce problème est d'avoir deux prises liquide éloignées 35, 37, ou plus. Lorsque la perte de charge augmente à travers l'une des prises, on ferme ce prélèvement et on ouvre l'autre (ou un autre). Le flux de liquide va donc changer et libérer la grille bouchée. Une possibilité
5 est d'envoyer du liquide par la conduite 31, 39 et la vanne ouverte V6 pour traverser la conduite 37 en allant vers le séparateur de phases et de rentrer par la grille 43. On peut aussi si ce n'est pas suffisant envisager d'injecter du CO₂ liquide à plus haute pression de l'autre côté de la grille bouchée, via une ligne dédiée 31, 33 provenant de l'alimentation du séparateur de phases S1
10 en ouvrant la vanne V15

Enfin, une gestion optimisée des différentes prises de liquide, combinée à la mesure des pertes de charge de chaque dispositif permettra de confiner la neige carbonique dans le pot.

Selon cette invention, un liquide riche en dioxyde de carbone contient
15 au moins 75% mol. de dioxyde de carbone, ou au moins 85% mol. de dioxyde de carbone, voire au moins 95% mol. de dioxyde de carbone.

Revendications

5 1. Procédé de vaporisation d'un débit liquide riche en dioxyde de carbone dans lequel un premier débit liquide (5) riche en dioxyde de carbone est soutiré d'une enceinte (S1) contenant du liquide riche en dioxyde de carbone et du gaz riche en dioxyde de carbone, le gaz étant à une pression P1, le premier débit liquide est envoyé à un échangeur de chaleur (7) où il se
10 vaporise, tout le liquide du premier débit se vaporisant dans l'échangeur de chaleur à une pression ou plusieurs pressions supérieure(s) à P1, le premier débit vaporisé est sorti de l'échangeur de chaleur, détendu dans une première vanne de détente (V2) et renvoyé à l'échangeur de chaleur où il se réchauffe caractérisé en ce que le niveau de liquide dans l'enceinte (S1) est
15 situé à un niveau plus élevée au dessus du sol que le niveau (A) auquel la dernière goutte de liquide riche en dioxyde de carbone se vaporise dans l'échangeur, la différence entre les deux niveaux étant H.

 2. Procédé selon la revendication 1 dans lequel H est au moins
20 égale à 2 m, de préférence au moins égale à 5m.

 3. Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel du gaz (3) de l'enceinte (S1) est envoyé dans l'échangeur de chaleur (7) se réchauffer.
25

 4. Procédé selon la revendication 3 dans lequel le débit vaporisé détendu dans la première vanne (V2) est mélangé avec le gaz de l'enceinte (3) et réchauffé dans l'échangeur de chaleur (7).

30 5. Procédé selon la revendication 3 dans lequel le débit vaporisé détendu dans la première vanne (V2) est envoyé à l'enceinte (S1).

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel le débit vaporisé détendu dans la première vanne (V2) et réchauffé dans l'échangeur de chaleur (7) sort de l'échangeur de chaleur, est détendu dans une deuxième vanne de détente (V5) et envoyé à un compresseur (C1) pour être comprimé.

7. Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel un deuxième débit liquide riche en dioxyde de carbone (25) à une pression supérieure à celui auquel le premier débit sort de l'enceinte se vaporise dans l'échangeur de chaleur (7) et est envoyé à un niveau intermédiaire du compresseur (C1, C2), le premier débit vaporisé étant envoyé à l'entrée du compresseur.

8. Procédé selon la revendication 7 dans lequel on détend une partie (29) du deuxième débit liquide vaporisé et on l'envoie à l'entrée du compresseur (C1).

9. Appareil de vaporisation d'un débit liquide riche en dioxyde de carbone comprenant une enceinte (S1) contenant du liquide riche en dioxyde de carbone et du gaz riche en dioxyde de carbone, le gaz étant à une pression P1, un échangeur de chaleur (7), une conduite pour soutirer un premier débit liquide riche en dioxyde de carbone (5) de l'enceinte et reliée à l'échangeur de chaleur, des moyens de pressurisation pour augmenter la pression de tout le liquide du premier débit à au moins une pression de vaporisation supérieure(s) à P1, une conduite pour sortir le premier débit vaporisé de l'échangeur de chaleur reliée à une première vanne de détente (V2) pour détendre le premier débit vaporisé pour former un débit détendu et une conduite pour renvoyer à l'échangeur de chaleur le débit détendu caractérisé en ce que le niveau de liquide dans l'enceinte est situé à un niveau plus élevée au dessus du sol que le niveau auquel la dernière goutte de liquide riche en dioxyde de carbone se vaporise dans l'échangeur, la différence entre les deux niveaux étant H.

10. Appareil selon la revendication 9 dans lequel H est au moins égale à 2m, de préférence au moins égale à 5m.

11. Appareil selon l'une des revendications 9 ou 10 comprenant une
5 conduite pour envoyer du gaz de l'enceinte (S1) se réchauffer dans l'échangeur de chaleur (7).

12. Appareil selon la revendication 11 comprenant des moyens pour
10 mélanger le débit vaporisé détendu dans la première vanne (V2) avec le gaz de l'enceinte réchauffé dans l'échangeur de chaleur (7).

13. Appareil selon l'une des revendications 9 à 12 comprenant une
conduite pour sortir de l'échangeur de chaleur (7) le débit vaporisé détendu
dans la première vanne (V2) et réchauffé dans l'échangeur de chaleur (7)
15 reliée à une deuxième vanne de détente et à un compresseur (C1,C2).

14. Appareil selon la revendication 13 comprenant des moyens pour
envoyer un deuxième débit liquide riche en dioxyde de carbone à une
pression supérieure à celui auquel le premier débit sort de l'enceinte (S1) se
20 vaporiser dans l'échangeur de chaleur (7) et une conduite pour envoyer le
deuxième débit liquide vaporisé à un niveau intermédiaire du compresseur
(C1,C2), le premier débit vaporisé étant envoyé à l'entrée du compresseur.

15 Appareil selon l'une des revendications 13 ou 14 comprenant des
25 moyens de détente (V3) d'une partie (29) du deuxième débit liquide vaporisé
reliés l'entrée du compresseur (C1,C2).

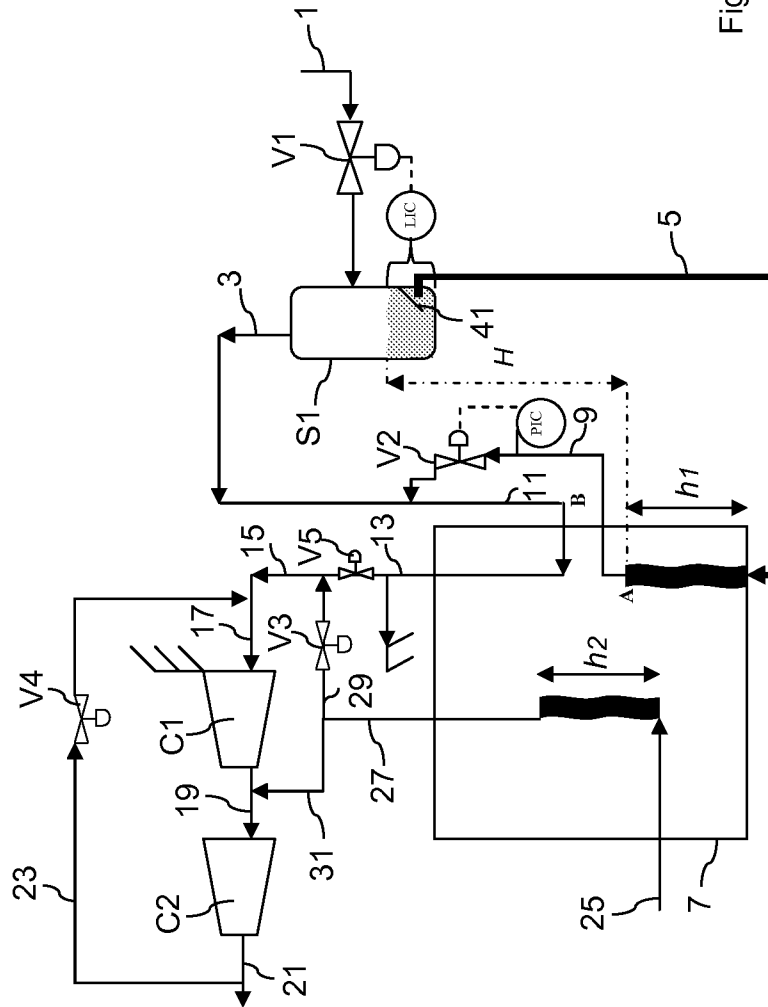


Figure 1

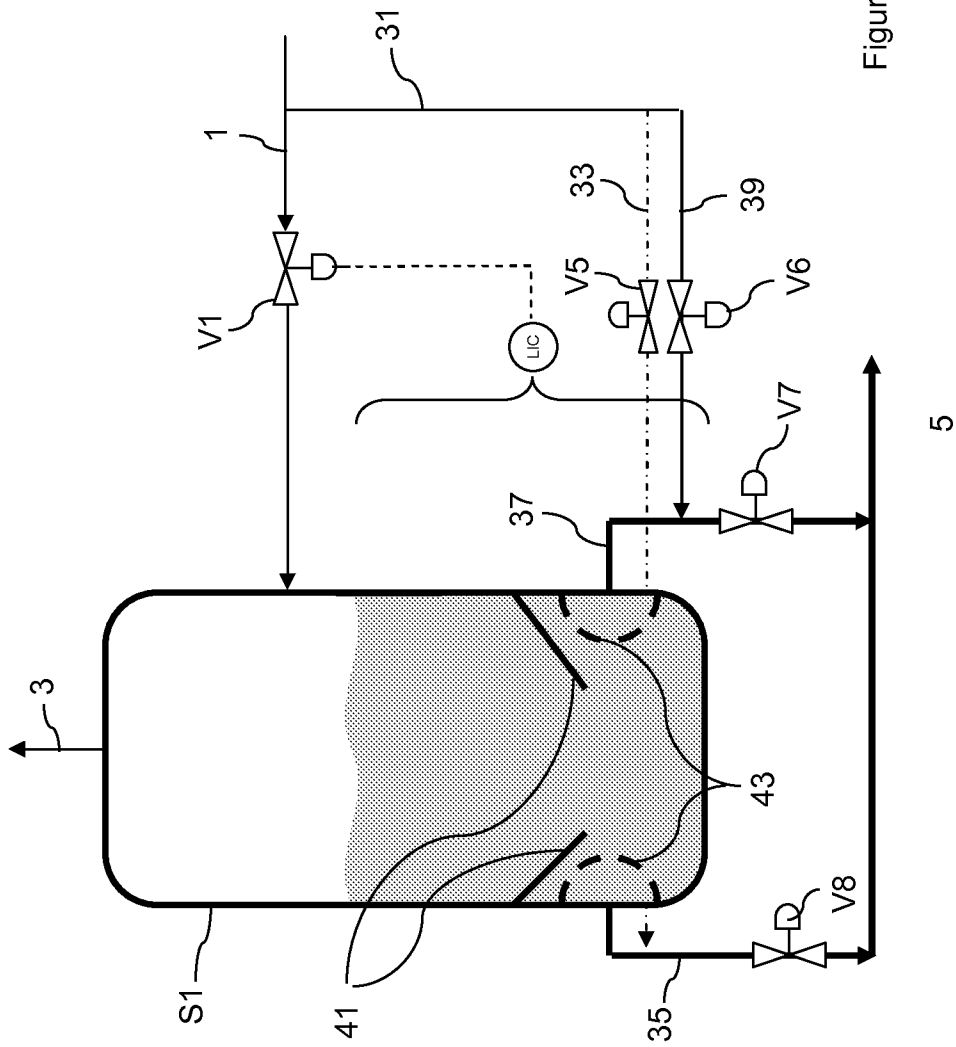


Figure 2