

⑫ **CERTIFICAT D'UTILITÉ** **B3**

⑤④ Installation et procédé de production d'un fluide cryogénique.

②② Date de dépôt : 14.06.22.

③③ Priorité :

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

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

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 15.12.23 Bulletin 23/50.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
certificat d'utilité : 14.06.24 Bulletin 24/24.

⑤⑥ Les certificats d'utilité ne font pas l'objet d'un
rapport de recherche.

⑦② Inventeur(s) : VANDROUX Emeline, MARTIN
Florian, BARJHOUX Pierre et PERIN Maud.

⑦③ Titulaire(s) : L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME
POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES
PROCEDES GEORGES CLAUDE SOCIETE
ANONYME.

⑦④ Mandataire(s) : L'AIR LIQUIDE, SOCIETE
ANONYME.

FR 3 136 540 - B3



Description

Titre de l'invention : Installation et procédé de production d'un fluide cryogénique

- [0001] L'invention concerne une installation et un procédé de production d'un fluide cryogénique.
- [0002] L'invention concerne plus particulièrement une installation de production d'un fluide cryogénique, en particulier d'hydrogène liquéfié, comprenant un circuit de gaz à refroidir comprenant une extrémité amont destinée à être reliée à une source de gaz et une extrémité aval reliée à au moins un stockage cryogénique de gaz liquéfié de l'installation, le stockage cryogénique étant muni d'une conduite de soutirage configurée pour permettre la fourniture de gaz liquéfié à au moins un réservoir à remplir, notamment un réservoir mobile, l'installation comprenant, disposés dans une boîte froide, un ensemble d'échangeur(s) de chaleur en échange thermique avec le circuit d'hydrogène à refroidir, l'installation comprenant au moins un dispositif de refroidissement cryogénique en échange thermique avec au moins une partie de l'ensemble d'échangeur(s) de chaleur dans la boîte froide, le dispositif de refroidissement cryogénique comprenant un réfrigérateur à cycle de réfrigération d'un gaz de cycle dans un circuit de travail, le gaz de cycle comprenant au moins l'un parmi: de l'hydrogène, de l'hélium, le circuit de travail du réfrigérateur comprenant un organe de compression du gaz de cycle, un organe de refroidissement du gaz de cycle, un organe de détente du gaz de cycle et un organe de réchauffage du gaz de cycle, l'installation comprenant une conduite de récupération de gaz de vaporisation comprenant une extrémité amont configurée pour récupérer du gaz de vaporisation d'un réservoir et/ou du stockage cryogénique et une extrémité aval reliée à l'extrémité aval du circuit d'hydrogène à refroidir, la conduite de récupération de gaz de vaporisation, comprenant, entre son extrémité amont et son extrémité aval, un échangeur de chaleur de réchauffage du gaz de vaporisation, un organe de compression du gaz de vaporisation et un échangeur de chaleur de refroidissement du gaz de vaporisation comprimé.
- [0003] Du gaz de vaporisation (« boil-off gas ») est généré à différentes étapes du procédé de liquéfaction. Produire et liquéfier de l'hydrogène a un coût qui nécessite de limiter et de récupérer ce gaz de vaporisation généré.
- [0004] L'hydrogène gazeux peut être produit par un reformeur de méthane (« SMR »), un électrolyseur ou venir d'un réseau de gaz sous pression. L'hydrogène gazeux est purifié puis liquéfié avant d'être fourni aux stockages fixes et/ou mobiles.
- [0005] Le flux de gaz à refroidir/liquéfier est généralement pré-refroidi dans le liquéfacteur

dans une boîte froide (isolée thermiquement, par exemple sous vide) avec une source froide telle que de l'azote liquide (température de l'ordre de 80K) puis refroidi et liquéfié avec un réfrigérateur à gaz de cycle (hydrogène et/ou hélium à une température de l'ordre de 20K CB dans la même boîte froide ou une boîte froide distincte).

- [0006] Le gaz de cycle est soumis à un cycle thermodynamique pour générer, à une extrémité du cycle (bout froid), une puissance froide. Ce cycle inclut une compression du gaz de cycle (depuis une basse pression vers une plus haute pression), un refroidissement du gaz de cycle, une détente du gaz de cycle puis un réchauffage avant de recommencer le cycle.
- [0007] Le gaz de vaporisation des stockages fixes de l'installation est généralement récupéré au niveau du bout froid du liquéfacteur alors que le gaz de vaporisation généré au niveau des baies de chargement des réservoirs mobiles (lors de la dépressurisation et le remplissage des camions) est généralement réchauffé dans un échangeur de chaleur et recyclé au niveau d'un compresseur basse pression du cycle. Ce gaz de vaporisation est ensuite mélangé avec le gaz du cycle.
- [0008] Si l'hydrogène gazeux est produit à basse pression par la source, il peut être nécessaire de prévoir un compresseur sur le circuit de gaz à refroidir en amont du liquéfacteur. Dans ce cas, il est possible de recycler les gaz de vaporisation générés au niveau des baies de chargement au niveau de ce compresseur moyennant un dimensionnement compatible avec ces cas de charge additionnelle.
- [0009] Si le liquéfacteur n'utilise pas un gaz de cycle de même nature que le gaz liquéfié (typiquement de l'hélium ou un mélange de gaz à base d'hélium pour liquéfier de l'hydrogène), la récupération du gaz de vaporisation du stockage n'est pas forcément possible au niveau du bout froid du liquéfacteur (dans le cycle). De même, le gaz de vaporisation généré au niveau des baies de chargement (réservoirs à remplir) n'est pas forcément possible dans le cycle.
- [0010] De même, si l'hydrogène de la source est à une pression suffisante il n'y a pas forcément de compresseur au niveau duquel peut être recyclé du gaz de vaporisation récupéré.
- [0011] Un but de la présente invention est de pallier tout ou partie des inconvénients de l'art antérieur relevés ci-dessus.
- [0012] A cette fin, l'installation selon l'invention, par ailleurs conforme à la définition générique qu'en donne le préambule ci-dessus, est essentiellement caractérisée en ce que l'échangeur de chaleur de réchauffage du gaz de vaporisation et l'échangeur de chaleur de refroidissement du gaz de vaporisation comprimé sont situés dans la boîte froide.
- [0013] Ainsi, le ou les différents gaz de vaporisation peuvent être réchauffés dans un échangeur de chaleur de réchauffage qui se situe dans le liquéfacteur (dans la boîte

froide) puis sont envoyés dans un compresseur dédié (externe à la boîte froide).

Ensuite, ces gaz sont renvoyés dans un échangeur de chaleur de la boîte froide pour être refroidis avant d'être réinjectés, par exemple au niveau du dernier échangeur de refroidissement du circuit de gaz du liquéfacteur pour être liquéfiés et mélangés avec le gaz liquéfié produit (typiquement l'hydrogène).

[0014] Par ailleurs, des modes de réalisation de l'invention peuvent comporter l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- [0015] – l'organe de compression du gaz de vaporisation est situé en dehors de la boîte froide,
- l'installation comprend plusieurs échangeurs de chaleur de réchauffage du gaz de vaporisation disposés en série en échange thermique avec la conduite de récupération de gaz de vaporisation dans la boîte froide,
- l'installation comprend plusieurs échangeurs de chaleur de refroidissement du gaz de vaporisation disposés en série en échange thermique avec la conduite de récupération de gaz de vaporisation dans la boîte froide,
- l'installation comprend au moins un échangeur ayant deux passages à contre-courant pour la conduite de récupération de gaz de vaporisation assurant un échange thermique entre des flux de gaz de vaporisation avant et après compression dans l'organe de compression, ledit échangeur à deux passages à contre-courant formant à la fois un échangeur de chaleur de réchauffage du gaz de vaporisation et un échangeur de chaleur de refroidissement du gaz de vaporisation,
- l'un au moins parmi : l'échangeur de chaleur de réchauffage du gaz de vaporisation, l'échangeur de chaleur de refroidissement du gaz de vaporisation comprimé, est en échange thermique avec un flux du gaz de cycle du réfrigérateur à cycle de réfrigération,
- le circuit d'hydrogène à refroidir est en échange thermique avec au moins l'un parmi : un échangeur de chaleur de réchauffage du gaz de vaporisation, un échangeur de chaleur de refroidissement du gaz de vaporisation,
- la conduite de récupération de gaz de vaporisation comprend une première extrémité amont reliée à une extrémité supérieure du stockage et une seconde extrémité amont configurée pour être raccordée à un réservoir.

[0016] L'invention concerne également un procédé de production d'un fluide cryogénique, en particulier d'hydrogène liquéfié, utilisant une installation conforme à l'une quelconque des caractéristiques ci-dessus ou ci-dessous, comprenant : une étape de récupération gaz de vaporisation du stockage cryogénique et/ou d'un réservoir raccordé à l'installation, une étape de réchauffage de ce gaz de vaporisation récupéré dans la boîte froide de l'installation, une étape de compression, en dehors de la boîte froide, de ce

gaz de vaporisation récupéré et réchauffé, une étape de refroidissement et de liquéfaction de ce gaz de vaporisation comprimé dans la boîte froide de l'installation.

[0017] Selon d'autres particularités possibles : le gaz de vaporisation refroidi et liquéfié est mélangé avec le fluide liquéfié produit à l'extrémité aval du circuit d'hydrogène à refroidir et/ou est introduit directement dans le stockage.

[0018] 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.

[0019] D'autres particularités et avantages apparaîtront à la lecture de la description ci-après, faite en référence aux figures dans lesquelles :

[0020] 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 :

Brève description des figures

[0021] [Fig.1] est une vue schématique et partielle illustrant la structure et le fonctionnement d'un mode de réalisation possible de l'invention.

Description détaillée

[0022] Dans cette description détaillée, les réalisations mentionnées 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.

[0023] L'installation 1 de production d'un fluide cryogénique illustrée peut être configurée pour produire l'hydrogène liquéfié. Cette installation 1 comprend un circuit 2 de gaz à refroidir comprenant une extrémité amont 21 destinée à être reliée à une source de gaz et une extrémité aval 22 reliée à au moins un stockage 8 cryogénique de gaz liquéfié de l'installation 1.

[0024] Le stockage 8 cryogénique est de préférence muni d'une conduite 11 de soutirage configurée pour permettre la fourniture de gaz liquéfié à au moins un réservoir 19 à remplir, notamment un réservoir mobile, par exemple porté par camion.

[0025] L'installation 1 comprend, disposés dans une boîte froide 3, un ensemble d'échangeur(s) 6 de chaleur en échange thermique avec le circuit 2 d'hydrogène à refroidir.

[0026] L'installation 1 comprend en outre au moins un dispositif 7, 9 de refroidissement cryogénique en échange thermique avec au moins une partie de l'ensemble d'échangeur(s) 6 de chaleur dans la boîte froide 3. Le dispositif 7, 9 de refroidissement cryogénique comprend un réfrigérateur à cycle de réfrigération d'un gaz de cycle dans un circuit de travail. Le gaz de cycle comprenant par exemple au moins l'un parmi: de

l'hydrogène, de l'hélium. Le circuit de travail du réfrigérateur comprend un organe de compression du gaz de cycle (un ou plusieurs compresseurs), un organe de refroidissement du gaz de cycle (au niveau d'un ou plusieurs échangeurs de chaleur), un organe de détente du gaz de cycle (une ou plusieurs turbine et/ou vanne(s) de détente) et un organe de réchauffage du gaz de cycle (au niveau d'un ou plusieurs échangeurs de chaleur).

- [0027] L'installation 1 comprend en outre au moins une conduite 12 de récupération de gaz de vaporisation comprenant une extrémité amont configurée pour récupérer du gaz de vaporisation d'un réservoir 19 et/ou du stockage 8 cryogénique et une extrémité aval reliée à l'extrémité aval 22 du circuit 2 d'hydrogène à refroidir (et/ou directement au stockage 8).
- [0028] Dans l'exemple illustré la conduite 12 de récupération de gaz de vaporisation comprend une première extrémité amont reliée à une extrémité supérieure du stockage 8 et une seconde extrémité amont configurée pour être raccordée à un réservoir 19. Bien entendu, la conduite de 12 de récupération de gaz de vaporisation pourrait posséder une seule extrémité amont ou plus de deux extrémités amont. De même plusieurs conduites 12 de récupération distinctes pourraient être prévues (avec ou sans portions communes).
- [0029] La conduite 12 de récupération de gaz de vaporisation, comprenant, entre son extrémité amont et son extrémité aval, au moins un échangeur 4, 5 de chaleur de réchauffage du gaz de vaporisation (deux dans l'exemple illustré), un organe 10 de compression du gaz de vaporisation et au moins un échangeur 4, 5, 6 de chaleur de refroidissement du gaz de vaporisation comprimé (trois dans cet exemple).
- [0030] Au moins une partie des échangeurs 4, 5 de chaleur de réchauffage du gaz de vaporisation et des échangeurs 4, 5, 6 de chaleur de refroidissement du gaz de vaporisation comprimé sont situés dans la boîte froide 3. C'est-à-dire que ces échangeurs 4, 5, 6 sont disposés dans une boîte froide 3 à température cryogénique isolée (par exemple sous vide) du liquéfacteur de l'installation 1. Ceci permet d'intégrer les flux thermiques liées au gaz de vaporisation au niveau du liquéfacteur et ainsi de mutualiser transferts de froid et de chaud au sein du liquéfacteur. Cette intégration thermique permet de ne pas augmenter notablement la taille des composants installés sur le cycle de réfrigération, car l'appoint de source froide peut être prévu seulement pour lutter contre les pertes thermiques par écart au bout chaud du flux de gaz d'évaporation. Ce débit est typiquement bien moins conséquent que l'ensemble du débit nécessaire pour le gaz de cycle de réfrigération. L'organe 10 de compression du gaz de vaporisation (par exemple compresseur(s) opérant à température ambiante) est quant à lui de préférence situé en dehors de la boîte froide 3.
- [0031] Dans le cas d'une compression dans la boîte froide (compresseur 10 dans la boîte

froide3), la partie aérodynamique du compresseur (qui agit sur le flux) pourrait être hébergée au sein de cette même boîte froide 3.

- [0032] Comme illustré, un échangeur de chaleur 11 de refroidissement peut être prévu à la sortie de l'organe 10 de compression pour refroidir le gaz comprimé avant son entrée dans la boîte froide 3.
- [0033] Comme illustré, l'installation 1 peut comprendre plusieurs échangeurs 4, 5 de chaleur de réchauffage du gaz de vaporisation disposés en série en échange thermique avec la conduite 12 de récupération de gaz de vaporisation dans la boîte froide 3. De même, l'installation 1 peut comprendre plusieurs échangeurs 4, 5, 6 de chaleur de refroidissement du gaz de vaporisation disposés en série en échange thermique avec la conduite 12 de récupération de gaz de vaporisation dans la boîte froide 3.
- [0034] Comme illustré, au moins un réchauffage et un refroidissement du gaz de vaporisation peuvent être réalisés par un même échangeur 4, 5 à contre-courant ayant deux passages à contre-courant pour la conduite 12 de récupération de gaz de vaporisation assurant un échange thermique entre des flux de gaz de vaporisation avant et après compression dans l'organe 10 de compression.
- [0035] De plus, comme illustré, au moins l'un des échangeurs 4, 5, 6 de chaleur de réchauffage du gaz de vaporisation et/ou de refroidissement du gaz de vaporisation peut être mis en échange thermique avec un flux 91 du gaz de cycle du réfrigérateur 7 à cycle de réfrigération (et/ou d'un autre dispositif de réfrigération, notamment un dispositif de pré-refroidissement).
- [0036] Par exemple, cet échangeur 4 de refroidissement peut être alimenté en permanence par un débit déterminé de fluide du cycle de liquéfaction pour être maintenu en froid pendant les phases transitoires durant lesquelles il n'y a pas ou peu de gaz de vaporisation froid récupéré, en particulier dans le cas d'une opération intermittente intégrant de retours de gaz d'évaporation variables dans le temps, comme cela pourrait être le cas en intégrant des retours issus de camions citernes mobiles par exemple.
- [0037] Comme illustré, de préférence, le premier échangeur 5 de réchauffage du gaz de vaporisation récupéré n'est pas refroidi par ce flux 91 de gaz de cycle du réfrigérateur 7. De préférence, cet échangeur de chaleur 5 de réchauffage est de structure configurée pour accepter des écarts de température importants entre fluides et des évolutions de température dans le temps.
- [0038] De même, comme illustré, le flux de gaz de vaporisation peut être mis en échange thermique avec l'un 6 au moins des échangeurs de chaleur de refroidissement et de liquéfaction du circuit 2 de gaz à refroidir en vue de sa liquéfaction.
- [0039] L'installation 1 permet de liquéfier les gaz de vaporisation afin de les valoriser de façon efficace même lorsque les caractéristiques de pression, température et de débit de chacune des sources de gaz de vaporisation sont très différentes et non régulières.

- [0040] L'installation 1 permet la récupération de l'ensemble des gaz de vaporisation froids produit à proximité de l'installation: évaporation du ou des stockages 8, mise en froid de ligne 11, dépressurisation du ou des réservoirs 19 de transport, ... via une pompe/compresseur 10 de circulation. Le gaz froid est d'abord remonté à température ambiante ou proche au travers d'échangeur(s) 4, 5 dans la boîte froide 3. Le gaz de vaporisation est alors comprimé en dehors de la boîte froide 3 à température ambiante ou proche pour vaincre les pertes de charges en aval du compresseur 10 (la pression de refoulement du compresseur 10 peut le cas échéant être réglée en fonction de la température ciblée de liquéfaction de ces gaz de vaporisation). La pression de refoulement de ce compresseur peut également être déterminée comme un optimum thermodynamique de l'usine permettant de limiter le palier de liquéfaction de ces gaz d'évaporation. Ainsi, plus la pression de refoulement de ce compresseur est élevée, plus cela nécessite d'énergie de compression mais plus cette pression de refoulement est élevée plus le niveau d'énergie à extraire pour la liquéfaction est faible. Un optimum pour cette pression de refoulement (énergie de compression/facilité de liquéfaction) peut être déterminé.
- [0041] Le compresseur 10 permet avantageusement de diminuer significativement le temps de dépressurisation des réservoirs 19 en y maintenant une pression basse constante et inférieure à la pression finale requise.
- [0042] Après passage dans un échangeur de chaleur 11 externe de refroidissement du flux comprimé (et éventuellement refroidissement par groupe froid), le gaz de vaporisation peut repasser dans les échangeurs 4, 5 de chaleur de la boîte froide 3 afin de récupérer l'énergie déposée lors du premier passage. Comme mentionné ci-dessus, un fluide froid supplémentaire peut être mis en circulation dans ce premier échangeur 4 de chaleur afin de pallier les inefficacités éventuelles de l'échangeur et/ou aux pertes thermiques.
- [0043] Pour finir son refroidissement (et sa liquéfaction) le gaz de vaporisation passe donc dans au moins un dernier échangeur de chaleur 6 refroidi par un autre fluide froid (préférentiellement le gaz de cycle du réfrigérateur : hélium et/ou hydrogène et/ou néon... en mélange ou pur). Ceci permettra la liquéfaction de l'hydrogène gazeux de vaporisation récupéré. Ce flux peut ensuite être détendu pour être par exemple réinjecté dans le volume du stockage 8.
- [0044] Bien entendu l'invention n'est pas limitée à l'exemple décrit ci-dessus. Ainsi, au moins un des échangeurs 4, 5 peut être muni d'une masse (inertie froide), par exemple en inox, pour être configurée pour tolérer des phases transitoires demandant temporairement plus de puissance que disponible au niveau du liquéfacteur. De plus, le matériau utilisé pour fabriquer ces échangeurs de chaleur peut être soigneusement sélectionné pour disposer de caractéristiques thermomécaniques élevées et donc accepter

des écarts de température élevés en son sein.

- [0045] De même, un système de purification du gaz de vaporisation récupéré peut être prévu afin de se prémunir d'un potentiel risque de contamination lié aux impuretés qui pourraient être charriées avec le gaz d'évaporation à liquéfier.
- [0046] Le gaz de vaporisation récupéré lors de l'étape de récupération a par exemple une pression comprise entre 1 et 7 bar absolu et de préférence entre 1 et 2 bar absolu et une température comprise entre 20K et 50K. Lors de l'étape de compression, la pression du gaz de vaporisation est augmentée pour atteindre une valeur comprise entre 1,3 et 6 bara et notamment 2bara.

Revendications

- [Revendication 1] Installation de production d'un fluide cryogénique, en particulier d'hydrogène liquéfié, comprenant un circuit (2) de gaz à refroidir comprenant une extrémité amont (21) destinée à être reliée à une source de gaz et une extrémité aval (22) reliée à au moins un stockage (8) cryogénique de gaz liquéfié de l'installation (1), le stockage (8) cryogénique étant muni d'une conduite (11) de soutirage configurée pour permettre la fourniture de gaz liquéfié à au moins un réservoir (19) à remplir, notamment un réservoir mobile, l'installation (1) comprenant, disposés dans une boîte froide (3), un ensemble d'échangeur(s) (6) de chaleur en échange thermique avec le circuit (2) d'hydrogène à refroidir, l'installation (1) comprenant au moins un dispositif (7, 9) de refroidissement cryogénique en échange thermique avec au moins une partie de l'ensemble d'échangeur(s) (4, 5, 6) de chaleur dans la boîte froide (3), le dispositif (7, 9) de refroidissement cryogénique comprenant un réfrigérateur à cycle de réfrigération d'un gaz de cycle dans un circuit de travail, le gaz de cycle comprenant au moins l'un parmi: de l'hydrogène, de l'hélium, le circuit de travail du réfrigérateur comprenant un organe de compression du gaz de cycle, un organe de refroidissement du gaz de cycle, un organe de détente du gaz de cycle et un organe de réchauffage du gaz de cycle, l'installation (1) comprenant une conduite (12) de récupération de gaz de vaporisation comprenant une extrémité amont configurée pour récupérer du gaz de vaporisation d'un réservoir (19) et/ou du stockage (8) cryogénique et une extrémité aval reliée à l'extrémité aval (22) du circuit (2) d'hydrogène à refroidir, la conduite (12) de récupération de gaz de vaporisation, comprenant, entre son extrémité amont et son extrémité aval, un échangeur (4, 5) de chaleur de réchauffage du gaz de vaporisation, un organe (10) de compression du gaz de vaporisation et un échangeur (4, 5, 6) de chaleur de refroidissement du gaz de vaporisation comprimé, dans laquelle, l'échangeur (4, 5) de chaleur de réchauffage du gaz de vaporisation et l'échangeur (4, 5, 6) de chaleur de refroidissement du gaz de vaporisation comprimé sont situés dans la boîte froide (3).
- [Revendication 2] Installation selon la revendication 1 caractérisée en ce que l'organe (10) de compression du gaz de vaporisation est situé en dehors de la boîte froide (3).
- [Revendication 3] Installation selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce qu'elle

- comprend plusieurs échangeurs (4, 5) de chaleur de réchauffage du gaz de vaporisation disposés en série en échange thermique avec la conduite (12) de récupération de gaz de vaporisation dans la boîte froide (3).
- [Revendication 4] Installation selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce qu'elle comprend plusieurs échangeurs (4, 5, 6) de chaleur de refroidissement du gaz de vaporisation disposés en série en échange thermique avec la conduite (12) de récupération de gaz de vaporisation dans la boîte froide (3).
- [Revendication 5] Installation selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisée en ce qu'elle comprend au moins un échangeur (4, 5, 6) ayant deux passages à contre-courant pour la conduite (12) de récupération de gaz de vaporisation assurant un échange thermique entre des flux de gaz de vaporisation avant et après compression dans l'organe (10) de compression, ledit échangeur (4, 5, 6) à deux passages à contre-courant formant à la fois un échangeur (4, 5) de chaleur de réchauffage du gaz de vaporisation et un échangeur (4, 5) de chaleur de refroidissement du gaz de vaporisation.
- [Revendication 6] Installation selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisée en ce que l'un au moins parmi : l'échangeur (4, 5) de chaleur de réchauffage du gaz de vaporisation, l'échangeur (4, 5, 6) de chaleur de refroidissement du gaz de vaporisation comprimé, est en échange thermique avec un flux (91) du gaz de cycle du réfrigérateur (7) à cycle de réfrigération.
- [Revendication 7] Installation selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisée en ce que le circuit (2) d'hydrogène à refroidir est en échange thermique avec au moins l'un parmi : un échangeur (4, 5) de chaleur de réchauffage du gaz de vaporisation, un échangeur (4, 5, 6) de chaleur de refroidissement du gaz de vaporisation.
- [Revendication 8] Installation selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisée en ce que la conduite (12) de récupération de gaz de vaporisation comprend une première extrémité amont reliée à une extrémité supérieure du stockage (8) et une seconde extrémité amont configurée pour être raccordée à un réservoir (19).
- [Revendication 9] Procédé de production d'un fluide cryogénique, en particulier d'hydrogène liquéfié, utilisant une installation (1) conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 8, comprenant :
- une étape de récupération gaz de vaporisation du stockage (8)

- cryogénique et/ou d'un réservoir (19) raccordé à l'installation,
- une étape de réchauffage de ce gaz de vaporisation récupéré dans la boîte froide de l'installation,
- une étape de compression, en dehors de la boîte froide, de ce gaz de vaporisation récupéré et réchauffé,
- une étape de refroidissement et de liquéfaction de ce gaz de vaporisation comprimé dans la boîte froide de l'installation.

[Revendication 10] Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que le gaz de vaporisation refroidi et liquéfié est mélangé avec le fluide liquéfié produit à l'extrémité aval (22) du circuit (2) d'hydrogène à refroidir et/ou est introduit directement dans le stockage (8).

[Fig. 1]

