

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
COURBEVOIE

11 N° de publication : **3 148 082**  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

21 N° d'enregistrement national : **23 04027**

51 Int Cl<sup>8</sup> : **F 25 J 1/02 (2023.01), F 25 B 7/00**

12 **DEMANDE DE CERTIFICAT D'UTILITE**

**A3**

22 Date de dépôt : 21.04.23.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 25.10.24 Bulletin 24/43.

56 Les certificats d'utilité ne sont pas soumis à la  
procédure de rapport de recherche.

60 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : *Cryocollect SAS — FR.*

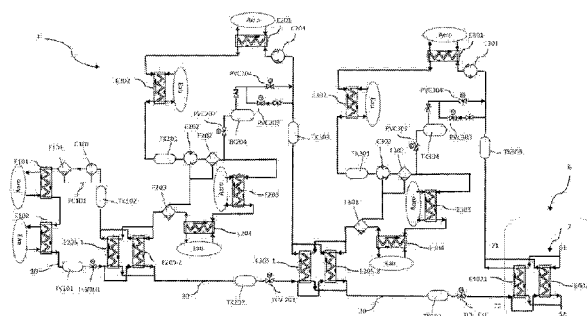
72 Inventeur(s) : SAYAH Haytham et KHAIRALAH Phi-  
lippe.

73 Titulaire(s) : Cryocollect SAS.

74 Mandataire(s) : BANDPAY & GREUTER.

54 **DISPOSITIF DE REFROIDISSEMENT POUR INSTALLATION DE LIQUÉFACTION DE GAZ.**

57 La présente invention enseigne un dispositif de refroidissement (1) destiné à une installation de liquéfaction de gaz, comportant un liquéfacteur de gaz (7), le dispositif comprenant au moins trois circuits de refroidissement (10, 20, 30) indépendants en cascade. Le circuit de refroidissement haute température (10) comprend au moins un compresseur (C101) et un condenseur associé (E102), les circuits de refroidissement moyenne (20) et basse (30) températures comportent respectivement au moins deux étages de compression (C201, C202, C301, C302) et un condenseur associé (E205-1, E205-2, E305-1, E305-2).  
[Fig. 1]



FR 3 148 082 - A3



## **Description**

### **Titre de l'invention : DISPOSITIF DE REFROIDISSEMENT POUR INSTALLATION DE LIQUÉFACTION DE GAZ**

#### **Domaine technique**

[0001] L'invention concerne un dispositif de refroidissement destiné à une installation de liquéfaction de gaz, comme du gaz naturel ou biométhane, du type comprenant un liquéfacteur de gaz en gaz liquéfié.

#### **Arrière-plan technique**

[0002] Les installations de liquéfaction de gaz, comme le gaz naturel ou le biométhane, permettent de liquéfier un gaz à une température de l'ordre de  $-160^{\circ}\text{C}$  de sorte que le transport du gaz ainsi liquéfié s'effectue à une pression de l'ordre de 1,2 bar, soit légèrement supérieure à la pression atmosphérique. Actuellement, plusieurs technologies de dispositifs de refroidissement connectés à un tel liquéfacteur de l'installation existent. On connaît par exemple le dispositif de refroidissement décrit dans le document EP20305455 dans lequel deux ou trois étages de refroidissement sont montés en cascade.

[0003] Bien que de tels dispositifs de refroidissement permettent de diminuer les coûts de fabrication et de maintenance, ces dispositifs de refroidissement mettent toujours en œuvre des cycles complexes pour réaliser la liquéfaction et présentent des rendements énergétiques non optimisés de ce fait. Notamment les compresseurs qu'ils mettent en œuvre nécessitent des puissances de compression importantes qui causent localement des échanges de chaleur très importants.

#### **Exposé de l'invention**

[0004] Un but de l'invention est de fournir un dispositif de refroidissement pour une installation de liquéfaction de gaz qui résolve les problèmes techniques précédents, en particulier qui permette de diminuer localement la quantité de chaleur produite et augmenter le rendement exécutif.

[0005] A cette fin, il est prévu un dispositif de refroidissement destiné à une installation de liquéfaction de gaz, comportant un liquéfacteur de gaz, le dispositif comprenant au moins trois circuits de refroidissement indépendants en cascade dont au moins :

[0006] - un circuit de refroidissement basse température destiné à être connecté fluidiquement au liquéfacteur de gaz ;

[0007] - un circuit de refroidissement moyenne température connecté au circuit de refroidissement basse température via au moins un premier échangeur de chaleur de sorte à extraire les calories du circuit de refroidissement basse température lors d'un fonctionnement ; et

- [0008] - un circuit de refroidissement haute température connecté au circuit de refroidissement moyenne température via au moins un deuxième échangeur de chaleur de sorte à extraire les calories du circuit de refroidissement moyenne température lors du fonctionnement ;
- [0009] le circuit de refroidissement haute température comprenant au moins un compresseur et un condenseur associé, les circuits de refroidissement moyenne et basse températures comportant respectivement au moins deux étages de compression et un condenseur associé.
- [0010] Avantagement, mais facultativement, le dispositif de refroidissement selon l'invention présente au moins l'une des caractéristiques techniques suivantes :
- [0011] - les étages des au moins deux étages de compression du circuit de refroidissement moyenne température sont montés en série ; et/ou - les étages des au moins deux étages de compression du circuit de refroidissement basse température sont montés en série ;
- [0012] - au moins un parmi les au moins deux étages de compression du circuits de refroidissement moyenne température comprend au moins un pré-refroidisseur en aval du compresseur et en amont du condenseur associé, de préférence deux pré-refroidisseurs ; et/ou - au moins un parmi les au moins deux étages de compression du circuits de refroidissement basse température comprend au moins un pré-refroidisseur en aval du compresseur et en amont du condenseur associé, de préférence deux pré-refroidisseurs ;
- [0013] - le premier échangeur de chaleur comporte au moins un échangeur thermique formant condenseur du circuit de refroidissement basse température et évaporateur du circuit de refroidissement moyenne température, de préférence le premier échangeur de chaleur comporte deux échangeurs thermiques montés en parallèle ; et/ou - le deuxième échangeur de chaleur comporte un échangeur thermique formant condenseur du circuit de refroidissement moyenne température et évaporateur du circuit de refroidissement haute température, de préférence le deuxième échangeur de chaleur comporte deux échangeurs thermiques montés en parallèle ;
- [0014] - le circuit de refroidissement basse température comporte une première bouteille liquide fluidiquement connectée entre les étages des au moins deux étages de compression ; et/ou - le circuit de refroidissement moyenne température comporte une deuxième bouteille liquide fluidiquement connectée en aval du deuxième échangeur de chaleur et en amont du premier échangeur de chaleur; et/ou - le circuit de refroidissement haute température comporte une troisième bouteille liquide fluidiquement connectée en aval du condenseur associés et en aval du deuxième échangeur de chaleur ;
- [0015] - le circuit de refroidissement basse température comporte une première bouteille anti-coup fluidiquement connecté en aval du liquéfacteur de gaz et en amont des au

moins deux étages de compression compresseur ; et/ou - le circuit de refroidissement moyenne température comporte une deuxième bouteille anti-coup fluidiquement connecté en aval du condenseur associé et en amont des au moins deux étages de compression compresseur; et/ou - le circuit de refroidissement haute température comporte une troisième bouteille anti-coup fluidiquement connecté en aval du condenseur associés et en amont du compresseur ;

- [0016] - le circuit de refroidissement basse température comporte des premiers moyens de séparation d'huile en aval des au moins deux étages de compression ; et/ou - le circuit de refroidissement moyenne température comporte des deuxièmes moyens de séparation d'huile en aval des au moins deux étages de compression ; et/ou - le circuit de refroidissement haute température comporte des troisièmes moyens de séparation d'huile en aval du compresseur ;
- [0017] - chacun des premiers moyens et/ou des deuxièmes moyens et/ou des troisièmes moyens comprend un premier séparateur d'huile, de préférence chacun des premiers moyens et/ou des deuxièmes moyens et/ou des troisièmes moyens comprend en outre un deuxième séparateur d'huile ;
- [0018] - comprenant en outre un groupe générateur d'un fluide froid relié à au moins condenseur d'au moins un parmi les circuits de refroidissement basse, moyenne et haute températures ;
- [0019] - comprenant en outre un groupe aérotherme relié à au moins un condenseur d'au moins un parmi les circuits de refroidissement basse, moyenne et haute températures ;
- [0020] - le circuit de refroidissement basse température comprend un fluide caractérisé par :  
 - une pression d'évaporation basse pression (BP) supérieure à la pression atmosphérique ; - un ratio haute pression (HP) et basse pression (BP) pour chaque étage de compression du cycle thermodynamique qui est inférieur à 8 ; - la température de saturation de la basse pression (BP) est inférieure à la température de condensation du fluide du liquéfacteur de gaz à refroidir ; et - la température de condensation est supérieure à la température de retour d'un fluide froid de refroidissement ; de préférence le fluide du circuit de refroidissement basse température est du méthane ;
- [0021] - le circuit de refroidissement moyenne température (20) comprend un fluide caractérisé par : - une pression d'évaporation basse pression (BP) supérieure à la pression atmosphérique ; - un ratio haute pression (HP) et basse pression (BP) pour chaque étage de compression du cycle thermodynamique qui est inférieur à 8 ; - la température de saturation de la basse pression (BP) est inférieure à la température de condensation du fluide du circuit de refroidissement basse température ; et - la température de condensation est supérieure à la température d'évaporation d'un fluide du circuit de refroidissement haute température ; de préférence le fluide du circuit de refroidissement moyenne température est de l'éthylène.

[0022] - le circuit de refroidissement haute température (10) comprend un fluide caractérisé par : - une pression d'évaporation basse pression (BP) supérieure à la pression atmosphérique ; - un ratio haute pression (HP) et basse pression (BP) pour chaque étage de compression du cycle thermodynamique qui est inférieur à 8 ; - la température de saturation de la basse pression (BP) est inférieure à la température de condensation du fluide du circuit de refroidissement moyenne température ; et - la température de condensation est supérieure à la température d'évaporation d'un fluide du circuit de refroidissement haute température ; de préférence le fluide du circuit de refroidissement haute température est du propylène.

[0023] Il est également prévu un container, tel qu'un container de transport maritime, comprenant le dispositif.

### **Brève description des figures**

[0024] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront à la lecture de la description et des exemples de l'invention. La [Fig.1] est un schéma d'un exemple d'implémentation d'un dispositif de refroidissement selon l'invention. La [Fig.1] sert également de support pour des exemples de l'invention généralisée.

### **[0025] Description détaillée des trois modes de réalisation**

[0026] En référence à la [Fig.1], nous allons discuter des exemples d'un dispositif de refroidissement 1 destiné à une installation de liquéfaction de gaz 6. L'installation de liquéfaction de gaz 6 comprend un liquéfacteur 7 à l'entrée duquel un gaz non liquéfié 61 est introduit et à la sortie duquel un gaz liquéfié 62 est extrait pour stockage. D'autre part, le liquéfacteur 7 comporte une sortie 71 et une entrée 72. Les sortie 71 et entrée 72 sont destinées à être fluidiquement connectées au dispositif de refroidissement 1.

[0027] L'installation de liquéfaction de gaz 6 peut prendre la forme d'une zone ATEX 6 - ATEX est l'acronyme de ATmosphère Explosive - ; typiquement dans une situation dans laquelle le gaz à liquéfier est inflammable et/ou explosif, par exemple le gaz à liquéfier est du gaz naturel ou biométhane. On comprendra que le dispositif de refroidissement 1 peut être connecté fluidiquement à tout type de liquéfacteur de gaz et à tout type d'installation de liquéfaction.

[0028] Comme illustré sur la [Fig.1], le dispositif de refroidissement 1 selon l'invention peut être situé en dehors de la zone ATEX 6 de l'installation de liquéfaction de gaz. Cela est rendu possible car l'installation de liquéfaction de gaz 6 est fluidiquement connectée au dispositif de refroidissement via la sortie 71 et l'entrée 72 du liquéfacteur 7.

[0029] Dans des exemples, le dispositif de refroidissement 1 selon l'invention est compris dans un container. Un container est une caisse de dimensions normalisées qui peut être utilisée pour la manutention, le stockage ou le transport de matières ou de lots d'objets

dont elle permet de simplifier l'emballage. Par exemple le container dans lequel le dispositif de refroidissement est disposé peut être un container de transport maritime tel que normalisé dans les normes ISO 668:2020 et ISO 1496-3. Ainsi le dispositif de refroidissement est facilement transportable et peut être installé à distance d'une zone ATEX.

- [0030] Le dispositif de refroidissement selon l'invention comporte une série de circuits de refroidissement indépendants positionnés en cascade comprenant au moins trois circuits de refroidissement : un circuit de refroidissement haute température 10, un circuit de refroidissement moyenne température 20 et un circuit de refroidissement basse température 30. Le principe de base du dispositif de refroidissement 1 selon l'invention est que, lors d'un fonctionnement, le circuit de refroidissement basse température 3 extrait les calories du liquéfacteur 7 en étant connecté fluidiquement aux sortie 71 et entrée 72 du liquéfacteur 7. De son côté, toujours lors d'un fonctionnement, le circuit de refroidissement moyenne température 20 extrait les calories du circuit de refroidissement basse température 30 via au moins un premier échangeur de chaleur E305-1 ou E305-2 de sorte à extraire les calories du circuit de refroidissement basse température. Enfin, toujours lors d'un fonctionnement, le circuit de refroidissement haute température 10 extrait les calories du circuit de refroidissement moyenne température 20 via au moins un deuxième échangeur de chaleur E205-1, E205-2 de sorte à extraire les calories du circuit de refroidissement moyenne température. Les trois circuits de refroidissement 10, 20, 30 sont indépendants et sont en série l'un par rapport à l'autre, tout en étant en cascade. En cascade signifie que le dispositif est constitué d'une succession d'installations thermodynamiques 10, 20, 30 et que ces installations comprennent des circuits frigorifiques qui utilisent des fluides frigorigènes travaillant à des niveaux de température différents et couplés thermiquement par un échangeur.
- [0031] Chaque circuit de refroidissement du dispositif selon l'invention comprend un fluide frigorigène (ou encore appelé un réfrigérant) et des moyens de compression de ce fluide frigorigène et d'un condenseur associé au circuit, suivant le cycle frigorifique. Plus précisément, le circuit de refroidissement haute température comprend à minima un (au moins un) étage de compression, et les circuits de moyenne et basse températures comprennent à minima deux (au moins deux) étages de compression. Un étage de compression est une partie du circuit qui comprend au moins un moyen de compression compresseur.
- [0032] La présence d'au moins de deux étages de compressions sur les circuits de moyenne et basse températures 20, 30 améliore la répartition du travail fourni par les compresseurs ainsi que de la dissipation de la chaleur produite durant la compression. Cela permet de réduire les températures à la sortie des compresseurs et cela permet

également de fonctionner dans les plages de températures permises des compresseurs. Notamment pour les circuits de refroidissement moyenne et basse température car les températures de leurs fluides frigorigènes doivent être très basses pour que la liquéfaction puisse opérer en sortie du liquéfacteur 7. Par exemple, du biométhane sortira du liquéfacteur 7 à l'état liquide saturé (GNL) à une pression de 8 bars et une température de -128,74 °C. Ainsi, il résulte de la compression en deux étages pour ces deux circuits une diminution de la puissance individuelle de chaque compresseur ainsi qu'une diminution des échanges de chaleur locaux.

- [0033] Dans des exemples, les compresseurs peuvent être des compresseurs bi-étagés et/ou être des compresseurs à pistons.
- [0034] Dans des exemples, les étages des au moins deux étages de compression du circuit de refroidissement moyenne température 20 sont montés en série. Cela signifie que les compresseurs se situent sur une même branche du circuit de refroidissement.
- [0035] Dans des exemples, les étages des au moins deux étages de compression du circuit de refroidissement basse température 30 sont montés en série. Pareillement, cela signifie que les compresseurs se situent sur une même branche du circuit.
- [0036] Dans l'exemple de la [Fig.1], le compresseur C301 du premier étage de compression et le compresseur C302 deuxième étage de compression du circuit de refroidissement basse température sont montés en série. Toujours dans la [Fig.1], le compresseur C201 du premier étage de compression et le compresseur C202 deuxième étage de compression du circuit de refroidissement moyenne température sont également montés en série.
- [0037] Le circuit de refroidissement haute température est maintenant discuté suivant plusieurs exemples, dont l'exemple de la [Fig.1]. Ces exemples se combinent entre eux.
- [0038] Dans ces exemples, et comme déjà discuté, le circuit de refroidissement haute température 10 est connecté au circuit de refroidissement moyenne température 20 via au moins un deuxième échangeur de chaleur E205-1 E205-2 de sorte à extraire les calories du circuit de refroidissement moyenne température lors du fonctionnement du dispositif. De plus, le circuit de refroidissement haute température 10 comprend au moins un compresseur C101 et un et un condenseur E102 associé. Le circuit de refroidissement haute température 10 peut comprendre outre un désurchauffeur E101.
- [0039] Dans des exemples, le circuit de refroidissement haute température 10 comporte dans le sens de circulation d'un premier fluide frigorigène illustré par les flèches sur la figure, un compresseur C101 en aval duquel un séparateur F101, formant ici des troisièmes moyens de séparation, est positionné de sorte à séparer les éventuelles impuretés (typiquement des gouttelettes d'huile issues du fonctionnement du compresseur C101) du premier fluide frigorigène. Les impuretés (typiquement l'huile du

compresseur) extraites par le séparateur F101 peuvent être renvoyées au compresseur C101 via la conduite FC101.

- [0040] Dans des exemples, en aval du séparateur F101, le circuit de refroidissement haute température 10 comporte au moins un désurchauffeur E101, par exemple sous la forme d'un échangeur thermique, qui permet d'extraire les calories du circuit de refroidissement haute température 10 vers l'extérieur du dispositif de refroidissement 1 selon l'invention. Dans l'exemple de la [Fig.1], le circuit de refroidissement haute température 10 comporte au moins un condenseur E102, par exemple sous la forme d'un échangeur thermique, qui permet lui également d'extraire les calories du circuit de refroidissement haute température 10 vers l'extérieur du dispositif de refroidissement 1 selon l'invention.
- [0041] Le condenseur du circuit de refroidissement (le désurchauffeur E101 et le condenseur E102 sur la [Fig.1]) est relié à une source de refroidissement afin d'extraire les calories du fluide frigorigène du circuit de refroidissement haute température 10. Dans des exemples, la source de refroidissement (le réfrigérant) est un fluide sélectionné parmi l'eau, l'eau glycolée ou encore un gaz tel que par exemple l'air.
- [0042] Dans l'exemple de la [Fig.1], le désurchauffeur E101 permet de refroidir le flux à la température ambiante, par exemple entre 35 et 55 °C. Le deuxième échangeur E102 est utilisé pour condenser le flux, par exemple entre 2 et 15 °C. Le désurchauffeur E101 utilise l'air pour refroidir le fluide frigorigène du circuit de refroidissement haute température 10, et le deuxième échangeur E102 utilise de l'eau glycolée pour refroidir le fluide frigorigène du circuit de refroidissement haute température 10. On comprend que le désurchauffeur E101 et le condenseur E102 pourraient utiliser tous deux la même source de refroidissement, par exemple l'eau, l'eau glycolée ou encore de l'air. Ou encore que le premier échangeur E101 utilise de l'eau glycolée et le deuxième échangeur E102 utilise de l'air. De manière générale, tout moyen connu pour condenser le premier fluide frigorigène peut être utilisé.
- [0043] Dans des exemples, en aval du condenseur, le circuit de refroidissement haute température 10 comporte un détendeur TCV101. Le réfrigérant ayant subi une condensation, une expansion ou une détente est réalisé au niveau du détendeur pour récupérer ultérieurement son énergie froide lors de son évaporation afin de condenser le réfrigérant du circuit de refroidissement moyenne température dans l'échangeur de chaleur.
- [0044] Dans des exemples, le circuit de refroidissement haute température 10 comporte une bouteille liquide TK101 fluidiquement connecté en aval du condenseur associé à ce circuit et en amont du compresseur C101 ou encore en amont de l'évaporateur E205. Dans l'exemple de la [Fig.1], la bouteille liquide ou réservoir liquide TK101 est connecté en aval du condenseur associé à ce circuit et en amont du détendeur TCV101.

Dans les exemples, la bouteille liquide TK101 forme un réservoir de régulation du premier fluide frigorigène ; ce réservoir liquide TK101 permet gérer la charge du premier fluide frigorigène en fonction de la charge thermique au niveau de l'évaporateur.

- [0045] Dans des exemples, le circuit de refroidissement haute température 10 comporte une bouteille anti-coup de liquide TK-102. Le rôle de la bouteille anti-coup de liquide est de protéger le compresseur d'une éventuelle migration de liquide par la conduite d'aspiration qui causerait des dégâts irréversibles. La bouteille anti-coup de liquide TK102 peut également assurer la réévaporisation du liquide piégé. Dans l'exemple de la [Fig.1], la bouteille anti-coup de liquide TK102 est connecté en aval du condenseur associé au circuit de refroidissement moyenne température et en amont du compresseur C101.
- [0046] Le circuit de refroidissement moyenne température est maintenant discuté suivant plusieurs exemples, dont l'exemple de la [Fig.1]. Ces exemples se combinent entre eux.
- [0047] Dans ces exemples, et comme déjà discuté, le circuit de refroidissement moyenne température 20 comporte, dans le sens de circulation d'un deuxième fluide frigorigène, qui lui est associé, illustré par les flèches sur la figure, au moins deux étages de compression où chaque étage de compression comprend au moins compresseur 201 202. Le circuit de refroidissement moyenne température comprend au moins un condenseur qui lui est associé.
- [0048] Dans l'exemple de la [Fig.1], le circuit de refroidissement moyenne température comprend deux étages de compression qui sont montés en série, et chaque étage de compression comprend un compresseur C201, C202.
- [0049] Dans des exemples, au moins un étage de compression du circuit de refroidissement moyenne température 20 comprend au moins un pré-refroidisseur qui permet de refroidir le flux. On comprend que chaque étage peut comprendre au moins un pré-refroidisseur. Dans l'exemple de la [Fig.1], chaque étage de compression comprend un compresseur en aval duquel sont situés deux condenseurs qui sont des pré-refroidisseurs. Ainsi, le premier étage de compression comprend le compresseur C201 et les refroidisseurs (ou encore pré-refroidisseurs) E201, E202 ; et le deuxième étage de compression comprend le compresseur C202 et les refroidisseurs (ou encore pré-refroidisseurs) E203, E204. Les refroidisseurs (ou pré-refroidisseurs) permettent de dissiper la chaleur grâce à une source de refroidissement (le réfrigérant) qui est un fluide sélectionné par exemple parmi l'eau, l'eau glycolée ou encore un gaz tel que par exemple l'air. La présence du premier pré-refroidisseur en amont de l'échangeur de chaleur E205-1 E205-2 permet d'augmenter considérablement le rendement du circuit de refroidissement moyenne température 20.

- [0050] Dans des exemples, le circuit de refroidissement moyenne température comprend des moyens de séparation d'huile (F202, F203) en aval des au moins deux étages de compression. Les moyens de séparation permettent de retirer du fluide frigorigène des éléments (des impuretés) qui ont été introduits par les compresseurs. Les compresseurs utilisés peuvent être des compresseurs à piston lubrifié à huile et cette huile se solidifie à une certaine température (par exemple autour de  $-57\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Une petite quantité de cette huile peut être présente dans le circuit du réfrigérant et constituer un risque lorsque la température du réfrigérant descend en dessous de la température de solidification de cette huile. Toujours dans ces exemples, le moyen de séparation comprend un séparateur F-202, de préférence ce séparateur est située à la sortie du deuxième étage de compression. Dans des exemples, les moyens de séparation comprennent un deuxième séparateur F203. Ce deuxième séparateur peut être situé en sortie des deux étages de compression ; cette dernière séparation peut être effectuée après l'échangeur de chaleur E204, afin de purifier au maximum le réfrigérant de l'huile avant que la température baisse davantage.
- [0051] Dans l'exemple de la [Fig.1], les compresseurs sont des compresseurs à pistons lubrifié à huile. Le premier séparateur F202 est situé en aval du compresseur C202 et en amont des deux pré-refroidisseurs E203, E204. Le deuxième séparateur F203 est situé en aval du pré-refroidisseur E204 et en amont du deuxième échangeur de chaleur E205-1, E205-2. Les moyens de séparation peuvent renvoyer les impuretés (typiquement l'huile du compresseur) ainsi extraite au compresseur C202 via une conduite et/ou compresseur C101 via une conduite.
- [0052] Dans des exemples, l'échangeur de chaleur E205-1, E205-2 du circuit de refroidissement moyenne température comporte un échangeur thermique formant condenseur du circuit de refroidissement moyenne température 20 et évaporateur du circuit de refroidissement haute température 10. Ainsi, le condenseur/évaporateur E205-1 E205-2 forme, dans ces exemples, des moyens d'extraction de calories connectant thermiquement le circuit de refroidissement moyenne température 20 au circuit de refroidissement haute température 10.
- [0053] Dans des exemples, les extracteurs de calories (ou évapocondenseur) E205-1, E205-2 du circuit de refroidissement moyenne température comprend deux échangeurs thermiques qui sont montés en parallèle. Un seul extracteur fonctionne et l'autre est en attente ou en cours d'entretien ou de nettoyage.
- [0054] Dans des exemples, le circuit de refroidissement moyenne température 20 comporte une bouteille liquide TK202 fluidiquement connecté fluidiquement entre le deuxième échangeur de chaleur E205-1, E205-2 et en amont du premier échangeur de chaleur E305-1, E305-2. Dans les exemples, la bouteille liquide TK202 forme un réservoir de régulation du deuxième fluide frigorigène ; ce réservoir liquide TK202 permet gérer la

charge du deuxième fluide frigorigène en fonction de la charge thermique en entrée du premier échangeur de chaleur E305-1 E305-2.

- [0055] Dans des exemples, le circuit de refroidissement moyenne température 20 comporte un détendeur TCV201, par exemple un détendeur électronique. Le deuxième fluide frigorigène ayant subi une condensation, un détente ou expansion est réalisé au niveau du détendeur pour récupérer ultérieurement l'énergie froide de l'évaporation du deuxième fluide frigorigène afin de condenser le réfrigérant du circuit de refroidissement basse température dans l'échangeur de chaleur (dans des exemples l'évaporateur/condenseur E305:1/2). Dans l'exemple de la [Fig.1], la bouteille liquide TK202 est en amont du détendeur TCV201.
- [0056] Dans des exemples, le circuit de refroidissement moyenne température 20 comporte un réservoir tampon TK201 fluidiquement connecté entre deux étages de compression. Dans l'exemple de la [Fig.1], le réservoir tampon TK201 est connecté en aval du pré-refroidisseur E202 et en amont du compresseur C202. Dans les exemples, le réservoir tampon TK201 forme un réservoir de régulation du deuxième fluide frigorigène permettant d'amortir les fluctuations des pressions à la sortie du premier étage de compression; ce réservoir tampon TK201 permet gérer la charge du liquide en fonction de la compression et de la charge thermique au niveau des pré-refroidisseurs E201 E202.
- [0057] Dans des exemples, le circuit de refroidissement moyenne température 20 comporte une bouteille anti-coup TK203 fluidiquement connecté en aval de l'échangeur de chaleur E305-1 E305-2 du circuit de refroidissement basse température et en amont des au moins deux étages de compression compresseur C201 C202. Le rôle de la bouteille anti-coup de liquide est de protéger le compresseur d'une éventuelle migration de liquide par la conduite d'aspiration qui causerait des dégâts irréversibles. La bouteille anti-coup de liquide TK-203 peut également assurer la réévaporation du liquide piégé. Dans l'exemple de la [Fig.1], bouteille anti-coup de liquide TK203 est connecté en aval du condenseur associé au circuit de refroidissement basse température et en amont du compresseur C201.
- [0058] Dans des exemples, le circuit de refroidissement moyenne température 20 comprend en outre un circuit de sécurité composé de deux déverseurs mécaniques PCV202 et PCV203, d'un volume de stockage TK204 et d'un détendeur mécanique PCV204. Le déverseur mécanique PCV202 s'ouvre lorsque la haute pression du circuit de refroidissement moyenne température augmente au-dessus de la pression de sécurité, par exemple lorsque la pression dans le circuit dépasse 16 bars. D'autre part, le déverseur mécanique PCV203 s'ouvre si la basse pression du circuit de refroidissement de moyenne température augmente au-dessus de la limite de sécurité, par exemple au-dessus de 16 bars. Lorsque le déverseur s'ouvre, le fluide est dirigé dans le réservoir

TK204 de telle sorte que la pression dans le réservoir TK204 peut augmenter jusqu'à atteindre un seuil de pression, par exemple 15 bars , le détendeur PCV204 s'ouvre quand la pression à l'aspiration du compresseur est inférieure à la limite. Ce circuit fonctionne principalement lors du démarrage du système ou en cas d'augmentation imprévue des pressions basses ou haute du circuit. Le rôle du réservoir TK204 est d'éviter les surpressions dues à l'évaporation du deuxième fluide frigorigène circulant au sein du circuit de refroidissement moyenne température 20 et de protéger ainsi le fonctionnement dudit circuit de refroidissement moyenne température 20. En outre, le réservoir TK204 permet de réduire la quantité de fluide frigorigène au sein du circuit de refroidissement associé (ici, le circuit de refroidissement moyenne température 20). De plus, le réservoir TK204 permet de réguler la quantité de fluide frigorigène au sein du circuit de refroidissement associé : en effet, quand la pression augmente à la sortie du compresseur C202, l'excès de fluide frigorigène est envoyé dans le réservoir TK204 à travers le détendeur PCV202 et, inversement, en cas de baisse de la pression au sein du circuit de refroidissement, une injection de fluide frigorigène est réalisée depuis le réservoir TK204 à travers le détendeur PCV204.

- [0059] Le circuit de refroidissement basse température est maintenant discuté suivant plusieurs exemples, dont l'exemple de la [Fig.1]. Ces exemples se combinent entre eux.
- [0060] Le circuit de refroidissement basse température 30 présente une structure similaire au circuit de refroidissement moyenne température 20 décrit ci-dessus.
- [0061] Le circuit de refroidissement basse température 30 comporte, dans le sens de circulation d'un troisième fluide frigorigène, qui lui est associé, illustré par les flèches sur la figure, au moins deux étages de compression où chaque étage de compression comprend au moins compresseur C301 C302. Le circuit de refroidissement basse température 30 comprend au moins un condenseur E305-1 E305-2 qui lui est associé.
- [0062] Dans des exemples, au moins étage de compression du circuit de refroidissement basse température 30 comprend au moins un pré-refroidisseur qui permet de refroidir le flux. On comprend que chaque étage peut comprendre au moins un pré-refroidisseur. Dans l'exemple de la [Fig.1], chaque étage de compression un compresseur en aval duquel sont situés deux pré-refroidisseurs. Toujours dans l'exemple de la [Fig.1], quatre pré-refroidisseurs sont associés audit circuit de refroidissement moyenne température. Ainsi, le premier étage de compression comprend le compresseur C301 et les pré-refroidisseurs E301, E302 ; et le deuxième étage de compression comprend le compresseur C302 et les pré-refroidisseurs E303, E304. Les pré-refroidisseurs permettent de dissiper la chaleur grâce à une source de refroidissement (le réfrigérant) qui est un fluide sélectionné par exemple parmi l'eau, l'eau glycolée ou encore un gaz tel que par exemple l'air. La présence du premier pré-refroidisseur en amont de

l'échangeur de chaleur (ou condenseurs) E305-1 E305-2 permet d'augmenter considérablement le rendement du circuit de refroidissement basse température 30.

- [0063] Dans des exemples, le circuit de refroidissement basse température 30 comprend des moyens de séparation d'huile (F302, F303) en aval des au moins deux étages de compression. Les moyens de séparation permettent de retirer du fluide frigorigène des éléments (des impuretés) qui ont été introduits par les compresseurs. Les compresseurs utilisés peuvent être des compresseurs lubrifié à huile et cette huile se solidifie à une certaine température (par exemple autour de  $-57\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Une petite quantité de cette huile peut être présente dans le circuit du réfrigérant et constituer un risque lorsque la température du réfrigérant descend en dessous de la température de solidification de cette huile. Toujours dans ces exemples, le moyen de séparation comprend un séparateur F302, de préférence ce séparateur est située à la sortie du deuxième étage de compression. Dans des exemples, les moyens de séparation comprennent un deuxième séparateur F303. Ce deuxième séparateur peut être situé en sortie des deux étages de compression ; cette dernière séparation peut être effectuée après l'échangeur de chaleur E304, afin de purifier au maximum le réfrigérant de l'huile avant que la température baisse davantage.
- [0064] Dans l'exemple de la [Fig.1], les compresseurs sont des compresseurs lubrifié à huile. Le premier séparateur F302 est situé en aval du compresseur C302 et en amont des deux pré-refroidisseurs E303, E304. Le deuxième séparateur F303 est situé en aval du pré-refroidisseur E304 et en amont du premier échangeur de chaleur (ou condenseur) E305-1, E305-2. Les moyens de séparation peuvent renvoyer les impuretés (typiquement l'huile du compresseur) ainsi extraite au compresseur C302 via une conduite et/ou compresseur C301 via une conduite.
- [0065] Dans des exemples, l'échangeur de chaleur E305-1, E305-2 du circuit de refroidissement basse température comporte un échangeur thermique formant condenseur du circuit de refroidissement basse température 30 et évaporateur du circuit de refroidissement moyenne température 20. Ainsi, le condenseur/évaporateur E305-1 E305-2 forme, dans ces exemples, des moyens d'extraction de calories connectant thermiquement le circuit de refroidissement moyenne température 20 au circuit de refroidissement basse température 30.
- [0066] Dans des exemples, l'échangeur de chaleur E305-1, E305-2 du circuit de refroidissement basse température comprend deux échangeurs thermiques qui sont montés en parallèle. Un seul extracteur fonctionne et l'autre est en attente ou en cours d'entretien ou de nettoyage (en rapatriant l'huile aux compresseurs).
- [0067] Dans des exemples, le circuit de refroidissement basse température 30 comporte une bouteille liquide TK302 fluidiquement connecté fluidiquement entre le premier échangeur de chaleur E305-1, E305-2 et en amont du détendeur TCV301. Dans les

exemples, le vase d'expansion TK302 forme un réservoir de régulation du troisième fluide frigorigène ; ce réservoir liquide TK302 permet gérer la charge du troisième fluide frigorigène en fonction de la charge thermique en entrée du premier échangeur de chaleur E305-1 E305-2.

[0068] Dans des exemples, le circuit de refroidissement basse température 30 comporte un détendeur TCV301, par exemple un détendeur électronique. Le troisième fluide frigorigène ayant subi une condensation, une détente ou expansion réalisé au niveau du détendeur pour récupérer ultérieurement l'énergie froide de l'évaporation du troisième fluide frigorigène afin de liquéfier le gaz dans l'évaporateur/condenseur E4021 E4022 du liquéfacteur 7. Dans l'exemple de la [Fig.1], la bouteille liquide TK302 est en amont du détendeur TCV301.

[0069] Dans des exemples, le circuit de refroidissement basse température 30 comporte un réservoir tampon TK301 fluidiquement connecté entre deux étages de compression. Dans l'exemple de la [Fig.1], le réservoir tampon TK301 est connecté en aval du pré-refroidisseur E302 et en amont du compresseur C302. Dans les exemples, le réservoir tampon TK301 forme un réservoir de régulation du troisième fluide frigorigène ; ce réservoir liquide TK301 permet de gérer la fluctuation de la pression à la sortie du premier étage de compression.

[0070] Dans des exemples, le circuit de refroidissement basse température 30 comporte une bouteille anti-coup TK303 fluidiquement connecté en aval de l'échangeur de chaleur E305-1 E305-2 du circuit de refroidissement basse température et en amont des au moins deux étages de compression compresseur C301 C302. Le rôle de la bouteille anti-coup de liquide est de protéger le compresseur d'une éventuelle migration de liquide par la conduite d'aspiration qui causerait des dégâts irréversibles. La bouteille anti-coup de liquide TK303 peut également assurer la réévaporation du liquide piégé. Dans l'exemple de la [Fig.1], bouteille anti-coup de liquide TK303 est connecté en aval du condenseur du liquéfacteur de gaz 7 et en amont du compresseur C101.

[0071] Dans des exemples, le circuit de refroidissement basse température 30 comprend en outre un circuit de sécurité composé de deux déverseurs mécaniques PCV302 et PCV303, d'un volume de stockage TK304 et d'un détendeur mécanique PCV304. Le déverseur mécanique PCV302 s'ouvre lorsque la haute pression du circuit de refroidissement basse température augmente au-dessus de la pression de sécurité, par exemple lorsque la pression dans le circuit dépasse 31 bars. D'autre part, le déverseur mécanique PCV-302 s'ouvre si la basse pression du circuit de refroidissement de basse température augmente au-dessus de la limite de sécurité, par exemple au-dessus de 6 bars. Lorsque le déverseur s'ouvre, le fluide est dirigé dans le réservoir TK304 de telle sorte que la pression dans le réservoir TK304 peut augmenter jusqu'à atteindre un seuil de pression, par exemple 15 bars ; le détendeur PCV304 s'ouvre quand la pression à

l'aspiration du compresseur C301 est inférieur à la limite. Ce circuit fonctionne principalement lors du démarrage du système ou en cas d'augmentation imprévue des pressions basses ou haute du circuit. Le rôle du réservoir TK304 est d'éviter les surpressions dues à l'évaporation du troisième fluide frigorigène circulant au sein du circuit de refroidissement basse température 30 et de protéger ainsi le fonctionnement dudit circuit de refroidissement basse température 30. En outre, le réservoir TK304 permet de réduire la quantité de fluide frigorigène au sein du circuit de refroidissement associé (ici, le circuit de refroidissement basse température 30). De plus, le réservoir TK304 permet de réguler la quantité de fluide frigorigène au sein du circuit de refroidissement associé : en effet, quand la pression augmente à la sortie du compresseur C302, l'excès de fluide frigorigène est envoyé dans le réservoir TK304 à travers le détendeur PCV304 et, inversement, en cas de baisse de la pression au sein du circuit de refroidissement, une injection de fluide frigorigène est réalisée depuis le réservoir TK304 à travers le détendeur PCV304.

[0072] Dans des exemples, le dispositif selon l'invention comprend un groupe générateur d'un fluide froid relié à au moins des condenseurs (E102, E205-1, E205-2, E305-1, E305-2) d'au moins un parmi les circuits de refroidissement basse, moyenne et haute températures. Le groupe froid peut être utilisé pour refroidir un liquide réfrigérant, par exemple de l'eau ou encore de l'eau glycolée. Alternativement ou additionnellement, le dispositif selon l'invention comprend un groupe aérotherme relié à au moins des condenseurs (E102, E205-1, E205-2, E305-1, E305-2) d'au moins un parmi les circuits de refroidissement basse, moyenne et haute températures. Dans l'exemple de la [Fig.1], le désurchauffeur E101 et le condenseur E102 ou encore les deux pré-refroidisseurs E201 et E202 ou encore les deux pré-refroidisseurs E203 et E204 ou encore les deux pré-refroidisseurs E301 et E302 ou encore les deux pré-refroidisseurs E303 et E304 sont montés en série, le premier condenseur traversé par le fluide frigorigène du circuit est refroidi par le groupe aérotherme et le deuxième condenseur qui est ensuite traversé le fluide frigorigène du circuit est refroidi par le groupe générateur d'un fluide froid. L'utilisation conjointe de l'air et de l'eau permet de réduire la consommation d'énergie à comparer du cas où seul un groupe générateur d'un fluide froid serait utilisé, tout en garantissant le refroidissement requis. Sur la [Fig.1], le fluide refroidi par le groupe générateur d'un fluide froid est de l'eau glycolée et est uniquement reliée au condenseur E102 ainsi qu'au pré-refroidisseur E202, E204, E302 et E304.

[0073] Dans des exemples, le circuit de refroidissement basse température (30) comprend un fluide frigorigène qui est caractérisé par (i) une pression d'évaporation basse pression (BP) supérieure à la pression atmosphérique, (ii) un ratio haute pression (HP) et basse pression (BP) pour chaque étage de compression du cycle thermodynamique qui est inférieur à 8, (iii) une température de saturation de la basse pression (BP) qui est in-

férieure à la température de condensation du fluide du liquéfacteur de gaz à refroidir, et (iv) une température de condensation qui est supérieure à la température d'évaporation d'un fluide du circuit de refroidissement moyenne température. Dans ces exemples, le fluide du circuit de refroidissement basse température peut être du méthane.

[0074] Dans des exemples, le circuit de refroidissement moyenne température (20) comprend un fluide frigorigène qui est caractérisé par (i) une pression d'évaporation basse pression (BP) supérieure à la pression atmosphérique, (ii) un ratio haute pression (HP) et basse pression (BP) pour chaque étage de compression du cycle thermodynamique qui est inférieur à 8, (iii) une température de saturation de la basse pression (BP) qui est inférieure à la température de condensation du fluide du circuit de refroidissement basse température, et (iv) une température de condensation qui est supérieure à la température d'évaporation d'un fluide du circuit de refroidissement haute température. Dans ces exemples, le fluide du circuit de refroidissement moyenne température peut être de l'éthylène.

[0075] Dans des exemples, le circuit de refroidissement haute température (30) comprend un fluide frigorigène qui est caractérisé par (i) une pression d'évaporation basse pression (BP) supérieure à la pression atmosphérique, (ii) un ratio haute pression (HP) et basse pression (BP) pour chaque étage de compression du cycle thermodynamique qui est inférieur à 8, (iii) une température de saturation de la basse pression (BP) qui est inférieure à la température de condensation du fluide du circuit de refroidissement moyenne température, et (iv) une température de condensation qui est supérieure à la température d'évaporation d'un fluide du circuit de refroidissement haute température. Dans ces exemples, le fluide du circuit de refroidissement moyenne température peut être du propylène.

[0076] Les exemples présentés des circuit de refroidissement basse, moyenne et haute température se combinent entre eux.

[0077] Un exemple particulier d'implémentation de la [Fig.1] est maintenant présenté. On comprendra que les exemples ou généralisation ou principes de fonctionnement présentés précédemment s'appliquent à cet exemple particulier d'implémentation.

[0078] Le circuit principal de bio-méthane de l'installation de liquéfaction de gaz 6 est présenté. Dans ce circuit principal de bio-méthane de l'installation de liquéfaction de gaz 6, un bio-méthane provient par exemple d'une épuration à 8 bar entre dans un réchauffeur électrique pour assurer une température de 40 °C avant que le flux subisse une liquéfaction dans le liquéfacteur 7. Le flux est ensuite liquéfié dans l'échangeur de chaleur E402:1/2. Deux échangeurs de chaleur E4021 et E4022 sont mis en parallèle. Un seul échangeur de chaleur fonctionne pendant que l'autre est à l'arrêt, par exemple en cours de nettoyage. Le bio-méthane sort du liquéfacteur E402:1/2 à l'état liquide saturé (GNL) à une pression de 8 bar et à une température d'environ -128 °C. Le

liquide (GNL) peut ensuite être stocké et/ou utilisé.

- [0079] Dans cet exemple du circuit principal de bio-méthane de l'installation de liquéfaction de gaz 6, le cycle thermodynamique utilisé renferme notamment un réchauffeur électrique E401, deux évapo-condenseur (liquéfacteur) E-402 :1/2 en parallèle.
- [0080] L'étage de réfrigération basse température 30 de cet exemple d'implémentation est maintenant présenté. L'objectif de l'étage basse température est de liquéfier le bio-méthane du circuit principal de bio-méthane.
- [0081] Le réfrigérant utilisé dans cette étage est le méthane. Le méthane est comprimé à l'aide d'une compression à deux étages C301 et C302 de 5 à 30 bars. Deux échangeurs en série après chaque étage de compression permettent de refroidir le flux d'abord en utilisant de l'eau glycolée à 45 °C pour les pré-refroidisseurs E301 et E303 dans puis à 8 °C en utilisant de l'eau glycolée dans les pré-refroidisseurs E302 et E304. Un réservoir tampon TK301 de est installé entre les deux étages de compressions.
- [0082] Les compresseurs utilisés sont des compresseurs à piston lubrifiés à huile. Cette huile se solidifie à -57 °C. Une petite quantité de cette huile peut être présente dans le circuit du réfrigérant et constituer un risque lorsque la température du réfrigérant descend en dessous de -57 °C. Par conséquent, un séparateur d'huile F302 est d'abord utilisé à la sortie du deuxième compresseur C302, pour limiter la quantité d'huile dans le circuit basse température. Une autre séparation est ensuite effectuée, et consiste en un pré-séparateur et le séparateur principal en série F303. Cette dernière séparation est effectuée après l'échangeur de chaleur E304, afin de purifier au maximum le réfrigérant de l'huile avant que la température baisse davantage.
- [0083] Le méthane du circuit basse température passe ensuite par l'évaporateur/condenseur E-305:1/2. Deux échangeurs de chaleur parallèles E-305:1/2 sont installés à cet effet, dans lesquels un seul échangeur de chaleur fonctionne, et l'autre est en attente ou en cours d'entretien ou de nettoyage. Le méthane sort de cet échangeur de chaleur à une température de liquide de saturation d'environ -95°C. Un réservoir liquide TK302 est ensuite installé qui permet gérer la charge du liquide en fonction de la charge thermique au niveau de l'évaporateur. Après le fluide frigorigène du circuit basse température subit une détente au niveau d'un détendeur TCV301 et sort diphasique à la température de saturation de la basse pression du compresseur. La basse pression est d'environ 5 bars et la température de saturation d'environ -137°C. La basse pression est choisie de manière à ce que le flux de basse pression puisse liquéfier le flux principal de bio-méthane et en prenant un pincement minimal de 5 °C dans le liquéfacteur. Le flux basse pression est évaporé dans le liquéfacteur pendant que le flux principal de bio-méthane est liquéfié. Le flux évaporé passe ensuite dans une bouteille anti-coup de liquide TK303 pour éviter toute goutte liquide à l'aspiration des compresseurs.

- [0084] L'étage de réfrigération basse température 30 comprend un circuit de sécurité composé de deux déverseurs mécaniques PCV302 et PCV303, d'un volume de stockage de TK-304 et d'un détendeur mécanique PCV304. Le déverseur mécanique PCV302 s'ouvre lorsque la haute pression du circuit basse température augmente au-dessus de la pression de sécurité, qui est considérée dans cet exemple comme égale à 31 bars. D'autre part, le déverseur mécanique PCV302 s'ouvre si la basse pression du circuit basse température augmente au-dessus de la limite de sécurité, considérée dans cet exemple égale à 6 bars. Le débit dans les deux cas est dirigé dans le réservoir TK304. La pression dans le TK304 peut augmenter jusqu'à 15 bars, et ensuite le détendeur mécanique PCV304 s'ouvre. Ce circuit fonctionne principalement lors du démarrage du système ou en cas d'augmentation imprévue des basses ou hautes pressions du circuit de refroidissement basse température.
- [0085] Dans cet exemple du circuit basse température, le cycle thermodynamique utilisé renferme deux compresseur : C301 et C302, un détendeur électronique pour le by-pass de C301 : PCV301, les refroidisseurs intermédiaires avec eau glycolée : E301, E302, E303, E304, un réservoir tampon : TK301, deux séparateur d'huile : F302 et F303, deux évapo-condenseur en parallèle : E305 :1/2, une bouteille liquide : TK302, un détendeur électronique : TCV301, deux évapo-condenseur (liquéfacteur) en parallèle : E402 :1/2, une bouteille anti coup liquide : TK303, deux déverseurs mécaniques: PCV302 et PCV303, un détendeur mécanique : PCV304, un volume de stockage et sécurité : TK304.
- [0086] L'étage de réfrigération moyenne température 20 de cet exemple d'implémentation est maintenant présenté. L'objectif de l'étage moyenne température est de condenser le réfrigérant de l'étage basse température (méthane) dans l'échangeur de chaleur E-305:1/2.
- [0087] Le réfrigérant utilisé dans cette étage est l'éthylène. L'éthylène est comprimé à l'aide d'une compression à deux étages C201 et C202) de 1 à 15 bars. Deux échangeurs en série après chaque étage permettent de refroidir le flux en utilisant de l'eau glycolée d'abord à 45 °C dans E201 et E203 puis à 8 °C dans E202 et E204. Un réservoir tampon TK201 est installé entre les compresseurs.
- [0088] Les compresseurs utilisés sont des compresseurs à piston lubrifiés à huile. Cette huile se solidifie à -57 °C. Une petite quantité de cette huile peut être présente dans le circuit du réfrigérant et constituer un risque lorsque la température du réfrigérant descend en dessous de -57 °C. Par conséquent, un séparateur d'huile F202 est d'abord utilisé à la sortie du deuxième compresseur C202, pour limiter la quantité d'huile dans le circuit moyenne température. Une autre séparation est ensuite effectuée, et consiste en un pré-séparateur et le séparateur principal en série F203. Cette dernière séparation est effectuée après l'échangeur de chaleur E204, afin de purifier au maximum le ré-

frigérant de l'huile avant que la température baisse davantage.

[0089] L'éthylène passe ensuite par l'évaporateur/condenseur E-205:1/2. Deux échangeurs de chaleur parallèles E205-1 et E205-2 sont installés à cet effet, dans lesquels un seul échangeur de chaleur fonctionne et l'autre est en attente ou en cours d'entretien ou de nettoyage. L'éthylène sort de cet échangeur de chaleur à une température de liquide de saturation de -38 °C. Un réservoir liquide TK202 est ensuite installé qui permet gérer la charge du liquide en fonction de la charge thermique au niveau de l'évaporateur. Après le fluide subit un détente au niveau détenteur et sort diphasique à la température de saturation de la basse pression du compresseur ; la basse pression est d'environ 1bar et la température de saturation d'environ -100 °C). La basse pression est choisie de manière à ce que le flux de moyenne température puisse condenser le flux de l'étage basse pression et en prenant un pincement minimal de 5 °C dans l'évaporateur/condenseur E305:1/2. Le flux moyenne température est évaporé dans l'évaporateur/condenseur pendant que le flux basse température est condensé à 30 bars pour une température de saturation d'environ -96°C. Le flux évaporé passe ensuite dans une bouteille anti-coup de liquide TK203 pour éviter toute goutte liquide à l'aspiration des compresseurs. Deux bouteilles anti-coup de liquide parallèles sont installées dans le circuit moyenne température.

[0090] Un circuit de sécurité composé de deux déverseurs mécaniques (PCV202 et PCV203, d'un volume de stockage TK204 et d'un détenteur mécanique PCV204. Le déverseur mécanique PCV202 s'ouvre lorsque la haute pression du circuit moyenne température augmente au-dessus de la pression de sécurité, par exemple égale à 16 bars. D'autre part, le PCV202 s'ouvre si la basse pression du circuit moyenne température augmente au-dessus de la limite de sécurité, par exemple égale à 2 bars. Le débit dans les deux cas est dirigé dans le réservoir TK204. La pression dans le réservoir TK204 peut augmenter jusqu'à 15 bars, ensuite le détenteur PCV204 s'ouvre. Ce circuit fonctionne principalement lors du démarrage du système ou en cas d'augmentation imprévue des pressions basses ou hautes du circuit.

[0091] Dans cet exemple du circuit moyenne température, le cycle thermodynamique utilisé renferme deux compresseur : C201 et C202, un Détendeur Electronique (pour le by-pass de C201) : PCV201, des refroidisseurs intermédiaires avec eau glycolée : E201, E202, E203, E204, un réservoir tampon : TK201, deux séparateur d'huile : F202 et F203, deux évapo-condenseurs en parallèle : E-205 :1/2, une bouteille liquide : TK202, un détenteur électronique : TCV201, deux évapo-condenseurs en parallèle : E-305 :1/2, une bouteille anti coup liquide : TK203, deux déverseurs mécaniques: PCV202 et PCV203, un détenteur mécanique : PCV204, un volume de stockage et sécurité : TK204.

[0092] L'étage de réfrigération haute température 10 de cet exemple d'implémentation est

maintenant présenté. L'objectif de l'étage haute température est de condenser le réfrigérant de l'étage moyenne température (éthylène) dans l'échangeur de chaleur E205:1/2.

- [0093] Le réfrigérant utilisé dans cette étage est le propylène. Le propylène est comprimé à l'aide d'une compression à un étage C101 d'environ 1 à 8 bars. Deux échangeurs en série après le compresseur avec de l'eau glycolée sont utilisés. Le premier E101 permet de refroidir le flux à la température ambiante 45 °C. Le second échangeur E102 est utilisé pour condenser le flux à 8 °C. La température dans ce circuit ne descend pas en dessous de -44 °C. Il n'y a donc pas de risque de solidification de l'huile.
- [0094] Un réservoir liquide TK101 est ensuite installé qui permet gérer la charge du liquide en fonction de la charge thermique au niveau de l'évaporateur. A la sortie du réservoir liquide le fluide frigorigène passe par un filtre déshydrateur pour éliminer l'humidité du circuit et le risque de rendre l'huile acide cause la dégradation du compresseur. Le fluide subit ensuite une détente au niveau du détendeur et sort diphasique à la température de saturation de la basse pression du compresseur, par exemple la basse pression est d'environ 1 bar pour une température de saturation de -43,0 °C.
- [0095] La basse pression est choisie de manière à ce que le flux du circuit de haute température puisse condenser le flux de l'étage de moyenne température et en prenant un pincement minimal de 5 °C dans l'évaporateur/condenseur E205:1/2. Le flux de haute température est évaporé dans l'évaporateur/condenseur E-205:1/2 pendant que le flux de moyenne température MT est condensé à environ 15bars pour une température de saturation d'environ -38,0°C. Le flux évaporé passe ensuite dans une bouteille anti-coup de liquide TK102 pour éviter toute goutte liquide à l'aspiration du compresseur.
- [0096] Dans cet exemple du circuit haute température, le cycle thermodynamique utilisé renferme : un compresseur : C101, un refroidisseur avec eau glycolée : E101, un condenseur : E102, une bouteille liquide : TK101, un filtre déshydrateur : S101, un détendeur électronique (utilisée également pour le pumpdown) : TCV101, deux évapo-condenseurs en parallèle : E205 :1/2, une bouteille anti coup liquide : TK102.
- [0097] Il est possible ainsi sans sortir du cadre de l'invention d' « empiler » les circuits de refroidissement (qui peuvent être en variante au nombre de quatre ou plus) de manière parallèle et en cascade comme cela a été décrit. Cela permet d'ajuster au mieux le dispositif de refroidissement selon l'invention en fonction du gaz à liquéfier ou de l'installation de liquéfaction de gaz à équiper ainsi d'un tel dispositif de refroidissement selon l'invention. L'utilisation d'un tel dispositif de refroidissement selon l'invention permet de le séparer complètement du liquéfacteur 7 et ainsi de ne pas imposer les exigences drastiques et les normes ATEX à l'ensemble des circuits de refroidissement du dispositif de refroidissement selon l'invention. Au surplus, cela permet de positionner le dispositif de refroidissement selon l'invention dans un endroit

de l'installation qui est facile d'accès et qui simplifie de ce fait la maintenance dudit dispositif de refroidissement. D'autre part, du fait que le dispositif de refroidissement selon l'invention ne soit pas soumis aux normes ATEX, cela permet d'utiliser des composants de séries disponibles sur le marché, ce qui réduit énormément le coût de fabrication du dispositif de refroidissement selon l'invention. En outre, l'utilisation d'au moins deux étages de compressions améliore grandement la gestion de la chaleur pour chaque étage de réfrigération, ce qui permet d'utiliser des compresseurs moins puissants, et donc de réduire le coût de fabrication du dispositif de refroidissement selon l'invention.

[0098] D'autre part, il a été constaté lors d'essais, que le dispositif de refroidissement selon l'invention permet d'obtenir des rendements énergétiques élevés avec un COP de l'ordre de 0,7. Ceci permet une réduction considérable de la consommation électrique et énergétique généralement du fait que le dispositif de refroidissement selon l'invention doit fonctionner 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7. D'autre part, la simplicité de la cascade formée par les différents circuits de refroidissement du dispositif de refroidissement selon l'invention permet un contrôle simple de celui-ci et cela facilite également le démarrage et le changement de débit de production ainsi que la configuration du dispositif de refroidissement selon l'invention pour l'adapter à la production de gaz liquéfiés réalisée par l'installation de liquéfaction ainsi équipée.

[0099] Bien entendu, il est possible d'apporter à l'invention de nombreuses modifications sans pour autant sortir du cadre de celle-ci.

## Revendications

- [Revendication 1] Dispositif de refroidissement (1) destiné à une installation de liquéfaction de gaz, comportant un liquéfacteur de gaz (7), le dispositif comprenant au moins trois circuits de refroidissement (10, 20, 30) indépendants en cascade dont au moins :
- un circuit de refroidissement basse température (30) destiné à être connecté fluidiquement au liquéfacteur de gaz ;
  - un circuit de refroidissement moyenne température (20) connecté au circuit de refroidissement basse température (30) via au moins un premier échangeur de chaleur (E305-1, E305-2) de sorte à extraire les calories du circuit de refroidissement basse température lors d'un fonctionnement ; et
  - un circuit de refroidissement haute température (10) connecté au circuit de refroidissement moyenne température (20) via au moins un deuxième échangeur de chaleur (E205-1, E205-2) de sorte à extraire les calories du circuit de refroidissement moyenne température lors du fonctionnement ;
- le circuit de refroidissement haute température (10) comprenant au moins un compresseur (C101) et un condenseur associé (E102), les circuits de refroidissement moyenne (20) et basse (30) températures comportant respectivement au moins deux étages de compression (C201, C202, C301, C302) et un condenseur associé (E205-1, E205-2, E305-1, E305-2).
- [Revendication 2] Dispositif de refroidissement selon la revendication 1, dans lequel :
- les étages des au moins deux étages de compression du circuit de refroidissement moyenne température (20) sont montés en série ; et/ou
  - les étages des au moins deux étages de compression du circuit de refroidissement basse température (30) sont montés en série.
- [Revendication 3] Dispositif de refroidissement selon l'une quelconque des revendications 1 à 2, dans lequel :
- au moins un parmi les au moins deux étages de compression (C201, C202) du circuits de refroidissement moyenne température (20) comprend au moins un pré-refroidisseur (E201, E202, E203, E204) en aval du compresseur et en amont du condenseur (E205-1, E205-2) associé, de préférence deux pré-refroidisseurs ; et/ou
  - au moins un parmi les au moins deux étages de compression (C301, C302) du circuits de refroidissement basse température (30) comprend

au moins un pré-refroidisseur (E301, E302, E303, E304) en aval du compresseur et en amont du condenseur (E305-1, E305-2) associé, de préférence deux pré-refroidisseurs.

[Revendication 4] Dispositif de refroidissement selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel :

- le premier échangeur de chaleur (E305-1, E305-2) comporte au moins un échangeur thermique formant condenseur du circuit de refroidissement basse température (30) et évaporateur du circuit de refroidissement moyenne température (20), de préférence le premier échangeur de chaleur comporte deux échangeurs thermiques (E305-1, E305-2) montés en parallèle ; et/ou

- le deuxième échangeur de chaleur (E205-1, E205-2) comporte un échangeur thermique (E205-1, E205-2) formant condenseur du circuit de refroidissement moyenne température (20) et évaporateur du circuit de refroidissement haute température (10), de préférence le deuxième échangeur de chaleur comporte deux échangeurs thermiques (E205-1, E205-2) montés en parallèle.

[Revendication 5] Dispositif de refroidissement selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel :

- le circuit de refroidissement basse température (30) comporte une première bouteille liquide (TK302) fluidiquement connectée entre les étages des au moins deux étages de compression ; et/ou

- le circuit de refroidissement moyenne température (20) comporte une deuxième bouteille liquide (TK202) fluidiquement connectée en aval du deuxième échangeur de chaleur (E205-1, E205-2) et en amont du premier échangeur de chaleur (E305-1, E305-2); et/ou

- le circuit de refroidissement haute température (10) comporte une troisième bouteille liquide (TK101) fluidiquement connectée en aval du condenseur associés (E101, E102) et en aval du deuxième échangeur de chaleur (E205-1, E205-2).

[Revendication 6] Dispositif de refroidissement selon la revendication 5, dans lequel :

- le circuit de refroidissement basse température (30) comporte une première bouteille anti-coup (TK303) fluidiquement connecté en aval du liquéfacteur de gaz (7) et en amont des au moins deux étages de compression compresseur (C301, C302) ; et/ou

- le circuit de refroidissement moyenne température (20) comporte une deuxième bouteille anti-coup (TK203) fluidiquement connecté en aval du condenseur associé (E305-1, E305-2) et en amont des au moins deux

étages de compression compresseur (C201, C202); et/ou  
 - le circuit de refroidissement haute température (10) comporte une troisième bouteille anti-coup (TK102) fluidiquement connecté en aval du condenseur associés (E205-1, E205-2) et en amont du compresseur (C101).

[Revendication 7] Dispositif de refroidissement selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel :

- le circuit de refroidissement basse température (30) comporte des premiers moyens de séparation (F302, F303) d'huile en aval des au moins deux étages de compression ; et/ou

- le circuit de refroidissement moyenne température (20) comporte des deuxièmes moyens de séparation d'huile (F202, F203) en aval des au moins deux étages de compression ; et/ou

- le circuit de refroidissement haute température comporte des troisièmes moyens de séparation d'huile (F101) en aval du compresseur (C101).

[Revendication 8] Dispositif de refroidissement selon la revendication 7, dans lequel chacun des premiers moyens (F302, F303) et/ou des deuxièmes moyens (F202, F203) et/ou des troisièmes moyens (F101) comprend un premier séparateur d'huile (F302, F202, F101), de préférence chacun des premiers moyens et/ou des deuxièmes moyens et/ou des troisièmes moyens comprend en outre un deuxième séparateur d'huile (F303, F203).

[Revendication 9] Dispositif de refroidissement selon l'une des revendications 1 à 8, comprenant en outre un groupe générateur d'un fluide froid relié à au moins condenseur (E102, E202, E204, E302, E304) d'au moins un parmi les circuits de refroidissement basse, moyenne et haute températures.

[Revendication 10] Dispositif selon l'une des revendications 1 à 9, comprenant en outre un groupe aérotherme relié à au moins un condenseur (E101, E205-1, E205-2, E305-1, E305-2) d'au moins un parmi les circuits de refroidissement basse, moyenne et haute températures.

[Revendication 11] Dispositif selon l'une des revendications 1 à 10, dans lequel le circuit de refroidissement basse température (30) comprend un fluide caractérisé par :

- une pression d'évaporation basse pression (BP) supérieure à la pression atmosphérique ;

- un ratio haute pression (HP) et basse pression (BP) pour chaque étage

de compression du cycle thermodynamique qui est inférieur à 8 ;  
 - la température de saturation de la basse pression (BP) est inférieure à la température de condensation du fluide du liquéfacteur de gaz à refroidir ; et  
 - la température de condensation est supérieure à la température de retour d'un fluide froid de refroidissement ;  
 de préférence le fluide du circuit de refroidissement basse température est du méthane.

[Revendication 12] Dispositif selon l'une des revendications 1 à 11, dans lequel le circuit de refroidissement moyenne température (20) comprend un fluide caractérisé par :

- une pression d'évaporation basse pression (BP) supérieure à la pression atmosphérique ;
- un ratio haute pression (HP) et basse pression (BP) pour chaque étage de compression du cycle thermodynamique qui est inférieur à 8 ;
- la température de saturation de la basse pression (BP) est inférieure à la température de condensation du fluide du circuit de refroidissement basse température ; et
- la température de condensation est supérieure à la température d'évaporation d'un fluide du circuit de refroidissement haute température ;

de préférence le fluide du circuit de refroidissement moyenne température est de l'éthylène.

[Revendication 13] Dispositif selon l'une des revendications 1 à 12, dans lequel le circuit de refroidissement haute température (10) comprend un fluide caractérisé par :

- une pression d'évaporation basse pression (BP) supérieure à la pression atmosphérique ;
- un ratio haute pression (HP) et basse pression (BP) pour chaque étage de compression du cycle thermodynamique qui est inférieur à 8 ;
- la température de saturation de la basse pression (BP) est inférieure à la température de condensation du fluide du circuit de refroidissement moyenne température ; et
- la température de condensation est supérieure à la température d'évaporation d'un fluide du circuit de refroidissement haute température ;

de préférence le fluide du circuit de refroidissement haute température est du propylène.

[Revendication 14] Container, tel qu'un container de transport maritime, comprenant le dispositif selon l'une des revendications 1 à 13.

[Fig. 1]

