

①② **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

④⑤ Date de publication du fascicule du brevet:
26.07.89

⑤① Int. Cl.4: **B65D 90/30, F25J 1/02**

②① Numéro de dépôt: **86402321.3**

②② Date de dépôt: **16.10.86**

⑤④ **Procédé pour maintenir la composition du produit stocké constante dans un stockage de gaz liquéfié à basse température.**

③① Priorité: **21.10.85 FR 8515562**

④③ Date de publication de la demande:
27.05.87 Bulletin 87/22

④⑤ Mention de la délivrance du brevet:
26.07.89 Bulletin 89/30

⑥④ Etats contractants désignés:
BE DE GB IT NL SE

⑤⑥ Documents cités:
FR-A- 1 402 606
US-A- 3 857 245
US-H- 818 609

⑦③ Titulaire: **Société Française de Stockage Géologique**
"GEOSTOCK", Tour Aurore - Cédex No 5, F-92080 Paris
La Défense 2(FR)
Titulaire: **DISTRIGAZ Société anonyme dite:, 31, avenue**
des Arts, B-1040 Bruxelles(BE)

⑦② Inventeur: **Boulanger, Alain, 18 rue Pasteur,**
F-92300 Levallois Perret(FR)
Inventeur: **Luyten, Walter, Schynparklaan 24,**
B-2120 Schoten(BE)

⑦④ Mandataire: **Pinguet, André, CAPRI 28 bis, avenue**
Mozart, F-75016 Paris(FR)

EP 0 223 669 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

La présente invention concerne un procédé pour maintenir constante la composition d'un produit genre gaz liquéfié stocké à basse température dans un milieu plus chaud.

Il est intéressant de stocker en particulier les gaz naturels sous forme liquéfiée en raison du moindre volume qu'ils occupent alors. Cela conduit à des stockages à basse température (couramment entre -162°C et -100°C environ) et sous pression. Pour réaliser de telles conditions, on a souvent recours à des stockages souterrains plus sûrs à la fois du point de vue thermique (les roches sont généralement de mauvais conducteurs de la chaleur) et sur le plan de la sécurité (possibilité de confinement en dehors de toute présence de comburant par exemple). Toutefois, le massif rocheux d'accueil transmet à la longue une certaine quantité de chaleur aux produits stockés. La nature de ces derniers fait qu'il s'ensuit une lente évaporation de leur phase liquide. Toutes roches d'accueil confondues, il faut en effet compter avec des taux d'évaporation journaliers de l'ordre de 0,5%.

Ce phénomène est gênant à deux titres. Tout d'abord la quantité de vapeur s'accroissant, la pression au sein du stockage risque de s'élever. Pour éviter qu'elle n'atteigne des valeurs insupportables vis-à-vis de la résistance mécanique de l'infrastructure du stockage, on prend donc la précaution d'autoriser quasiment en permanence l'évacuation de la vapeur excédentaire. Comme les produits stockés sont relativement précieux, il ne s'agit pas pour autant de rejeter cette vapeur dans l'atmosphère. Et cela d'autant moins que les quantités intéressées sont importantes si l'on considère la durée de vie de tels stockages (plusieurs dizaines d'années). Aussi s'efforce-t-on plutôt de les réintroduire dans le stockage sous une forme appropriée.

Le brevet américain US-A 3 857 245 déposé en 1973 par J.K. Jones enseigne comment y parvenir. La quantité de vapeur évacuée est tout d'abord comprimée, puis elle est refroidie et enfin détendue au sein d'un réservoir de sorte qu'une partie redevient liquide. Ce condensat peut alors être ramené dans le stockage sans y entraîner d'augmentation appréciable de la pression. La partie de produit restée gazeuse au sein du réservoir de détente est, de son côté, envoyée dans un échangeur thermique où elle est à même de refroidir la vapeur évacuée qui vient juste d'être comprimée. Dans ce document antérieur, il est toutefois prévu de rejeter à l'extérieur ce reliquat gazeux.

Ce dernier aspect de la méthode de Jones rend impossible son application directe aux stockages de gaz liquéfiés. En effet leur taux d'évaporation reste, d'une manière relative, très important. Or, les produits stockés ne sont pas des gaz purs, mais plutôt des mélanges de gaz. Aussi, leur phase liquide et leur phase gazeuse admettent-elles des compositions différentes. On conçoit dès lors que le rejet systématique d'une quantité de vapeur, même réduite par le biais d'une reliqufaction partielle, finisse par aboutir à un changement de la composition des produits stockés.

A la vérité, c'est là le second problème posé par l'évaporation dont les stockages de gaz liquéfiés sont le siège. Les produits stockés risquent en effet de voir leur phase liquide s'enrichir petit à petit en gaz plus lourds. A terme, ceux-ci ne seraient alors plus du tout compatibles avec les diverses utilisations auxquelles ils sont destinés. Par exemple, leur pouvoir calorifique en tant que carburants serait modifié dans des proportions telles que les brûleurs ne tarderaient pas à être tout à fait inadaptés. Afin de remédier à ce changement de composition, s'impose d'emblée l'idée de maintenir au sein du système formé par le stockage et les divers conduits à la fois le condensat du réservoir de détente et le reliquat de la vapeur évacuée. Toutefois cela peut être réalisé de multiple façons.

C'est ainsi que la présente invention a pour but de développer un procédé judicieux mettant en œuvre ce principe. En particulier, le procédé recherché doit aboutir à une installation dont le coût de fonctionnement et de mise en place est minimal.

Selon la présente invention, un procédé pour maintenir constante la composition d'un produit du type gaz liquéfié, ledit produit comportant une phase liquide et une phase gazeuse et étant stocké dans un milieu dont la température est supérieure à celle dudit produit, ledit procédé comprenant successivement l'évacuation de produit de ladite phase gazeuse, sa compression par un compresseur, son refroidissement dans des moyens d'échanges thermiques, sa détente dans un réservoir à une température telle qu'une première quantité du produit sortant desdits moyens d'échanges thermiques se liquéfie tandis qu'une seconde quantité du produit sortant desdits moyens d'échanges thermiques reste gazeuse et le retour de ladite première quantité liquéfiée dans ledit stockage, ladite seconde quantité restée gazeuse passant à contre-courant dans lesdits moyens d'échanges thermiques pour participer audit refroidissement du produit sortant dudit compresseur, est caractérisé en ce que ladite seconde quantité restée gazeuse est renvoyée à l'entrée dudit compresseur.

De façon avantageuse, lesdits moyens d'échanges thermiques sont constitués par au moins un premier et un second échangeurs thermiques à contre-courant; ladite seconde quantité restée gazeuse passe uniquement dans ledit premier échangeur thermique pour participer audit refroidissement du produit sortant dudit compresseur; ledit procédé comprend par ailleurs le soutirage à l'aide d'une pompe de produit de ladite phase liquide, puis sa surcompression à l'aide d'une batterie de pompes, une partie du produit sortant de ladite batterie de pompes étant dérivée pour passer dans ledit second échangeur thermique et refroidir le produit sortant dudit premier échangeur thermique avant de rejoindre le reste du produit sortant de ladite batterie de pompes pour être dirigée ensuite vers le réseau de distribution sous forme vapeur.

Comme cela apparaît dans cette brève description, le procédé de l'invention correspond à une installation comprenant au moins deux circuits. L'un qui peut être appelé circuit de reliqufaction, véhicule la phase gazeuse à évacuer. Il comporte les orga-

nes nécessaires à sa reliquéfaction partielle dont un compresseur et des échangeurs thermiques. Il est en outre établi en boucle fermée. L'autre, dénommé par exemple circuit de soutirage, permet d'extraire la phase liquide pour l'amener à des conditions de pression et de température adaptées à la distribution du produit aux consommateurs.

Il est remarquable qu'au sein même du circuit de reliquéfaction, la vapeur restant dans le réservoir de détente est ramenée à l'entrée du compresseur. Cette fraction de vapeur pourrait tout aussi bien être réintroduite dans le stockage lui-même. Mais, pour cela, un tube supplémentaire de communication avec le stockage devrait être prévu. En cas de stockage souterrain, il s'ensuivrait un coût de mise en place du tube et des pertes de charges au sein de ce tube rendant l'installation moins intéressante. Au contraire, la présente disposition optimise son efficacité. En effet, le reliquat de vapeur se trouve à une température inférieure à celle de la phase gazeuse massée au ciel du stockage souterrain. Le compresseur se contente en conséquence d'une puissance d'autant moins importante que la quantité de vapeur froide introduite à son entrée est maximisée.

Par ailleurs, on a intérêt à coupler les circuits de reliquéfaction et de soutirage en prévoyant deux échangeurs thermiques, l'un d'eux étant commun aux deux circuits. Ainsi une partie du circuit de soutirage est-elle mise à profit pour participer au refroidissement de la vapeur à reliquéfier. Il s'ensuit certes une augmentation de la température du gaz soutiré. Mais celle-ci est de toute façon nécessaire afin de délivrer aux usagers un gaz sous forme vapeur à la température ambiante. Ainsi l'énergie globale requise est-elle moins importante puisqu'un circuit consomme les calories transportées par l'autre tandis que le second utilise les frigories du premier.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront mieux à la lecture de la description suivant donnée à titre d'exemple non limitatif des formes possibles de réalisation de l'invention, en regard de la figure ci-jointe, et qui fera bien comprendre comment l'invention peut être réalisée.

La Figure ci-jointe est un schéma de principe d'un dispositif permettant de mettre en œuvre le procédé de l'invention, dans le cas d'un stockage souterrain.

Sur la Figure ci-jointe, une cavité souterraine de stockage 1 contient un produit stocké, par exemple du gaz naturel liquifié, sous une pression comprise entre la pression atmosphérique et quelques bars. Dans la partie supérieure de la cavité, au dessus de la surface 2 de la phase liquide 3, se trouve du produit en phase gazeuse 4, résultant de l'évaporation de la phase liquide du produit. Les compositions respectives de chacune des deux phases sont différentes car le produit stocké n'est pas pur et est composé d'un mélange de corps purs ayant chacun des conditions d'évaporation différentes. Cette évaporation est provoquée par les apports de chaleur extérieure provenant du massif rocheux 5 et de son environnement. C'est cette évaporation qui permet de maintenir sensiblement constante la température de stockage, à une température fonction de la pression de service, température qui peut être

de l'ordre de -125°C à -160°C . La cavité est fermée en partie supérieure par un bouchon étanche 6 à travers duquel peuvent passer des canalisations.

Selon la présente invention, le produit est prélevé en phase gazeuse au moyen d'une canalisation 7 par un compresseur 8 qui le comprime jusqu'à une pression réglable, de l'ordre de 10 bars, dépendant des conditions de fonctionnement du dispositif. Le produit est ensuite amené à passer dans un premier échangeur thermique 9 où il subit un premier refroidissement, puis dans un deuxième échangeur thermique 10, où il subit un deuxième refroidissement, et d'où il sort à une température telle qu'après détente dans un réservoir 11 par l'intermédiaire, par exemple, d'une première vanne 12 du type de Joule-Thomson, il se présente dans ledit réservoir 11 principalement en une phase liquide qui est retournée vers la cavité souterraine de stockage par l'intermédiaire d'une deuxième vanne de contrôle 13 et d'une canalisation 14. Le produit se trouvant en phase gazeuse dans ledit réservoir 11 est amené à passer, par l'intermédiaire d'une troisième vanne de contrôle 15 et d'une canalisation 16, dans ledit premier échangeur thermique 9 pour refroidir le gaz comprimé sortant dudit compresseur 8, avant d'être dirigé lui-même vers l'entrée dudit compresseur 8 par l'intermédiaire d'une canalisation 17 raccordée à la canalisation 7 pour être recyclé dans le circuit qu'il a déjà parcouru, jusqu'à ce qu'il se présente en phase liquide dans ledit réservoir 11.

D'autre part, du produit est prélevé de la phase liquide 3 stockée dans la cavité souterraine 1 par l'intermédiaire d'une canalisation 18 au moyen d'une pompe 19, puis il est surcomprimé par une batterie de pompes 20 jusqu'à une pression telle que le réseau de distribution du produit à l'extérieur puisse être alimenté directement par ladite batterie de pompes après vaporisation, soit à environ 80 bars dans l'exemple de la Figure ci-jointe. Une partie du produit sortant de ladite batterie de pompes 20 est passée dans le deuxième échangeur thermique 10 pour refroidir le gaz comprimé sortant du premier échangeur thermique 9. Dans l'exemple de la Figure ci-jointe, ladite partie du produit sortant de ladite batterie de pompes 20 entre dans le deuxième échangeur thermique 10 à une température voisine de -150°C et en ressort à environ -80°C . Le débit de produit sortant de ladite batterie de pompes 20 et la proportion de ce produit entrant dans le deuxième échangeur thermique 10 sont réglables au moyen d'une quatrième et d'une cinquième vannes de contrôle 21 et 22 utilisées conjointement, ladite quatrième vanne 21 étant montée en parallèle avec le deuxième échangeur thermique 10 et ladite cinquième vanne 22, montées eux-mêmes successivement en série partant de la sortie de ladite batterie de pompes 20. Les sorties des quatrième et cinquième vannes de contrôle 21 et 22 sont raccordées ensemble sur la sortie générale qui est destinée à être raccordée au réseau de distribution du produit à l'extérieur, après vaporisation.

Les paramètres de fonctionnement, tels que les températures, pressions et débits du produit aux différentes étapes du procédé, dépendent, d'une part, de la composition du produit et, d'autre part, des conditions dans lesquelles l'installation, à la-

quelle est appliquée le procédé de la présente invention, est exploitée.

On distingue notamment trois types d'installations associés à un stockage souterrain de gaz naturel liquéfié:

- les unités dites d'écrêtement de pointes;
- les terminaux d'exportation;
- les terminaux de réception.

Une unité d'écrêtement de pointes à laquelle est associée un stockage aérien est exploitée sous la pression atmosphérique et à température de l'ordre de -160°C . De ce fait, le maintien de la composition du produit peut être assuré par le procédé selon la présente invention.

Dans le cas d'un terminal d'exportation, le stockage reçoit le produit stocké par un dispositif de liquéfaction de grande capacité et il est exploité à la pression atmosphérique à environ -160°C . Le débit nécessaire de phase gazeuse est alors marginal par rapport à celui du remplissage du stockage et son influence sur la composition du produit est négligeable.

Dans le cas d'un terminal de réception, le stockage souterrain est exploité à une pression qui peut varier entre la pression atmosphérique et quelques bars mais, en général, les équipements associés ne comprennent pas d'unité de liquéfaction. Par contre, l'installation doit être conçue pour expédier le gaz dans le réseau de distribution avec une composition aussi constante que possible. Un dispositif tel que celui de l'exemple décrit en référence à la Figure ci-jointe est applicable à une telle installation.

Revendications

1. Procédé pour maintenir constante la composition d'un produit du type gaz liquéfié, ledit produit comportant une phase liquide (3) et une phase gazeuse (4) et étant stocké dans un milieu (5) dont la température est supérieure à celle dudit produit, ledit procédé comprenant successivement l'évacuation de produit de ladite phase gazeuse (4), sa compression par un compresseur (8), son refroidissement dans des moyens (9, 10) d'échanges thermiques, sa détente dans un réservoir (11) à une température telle qu'une première quantité du produit sortant desdits moyens (9, 10) d'échanges thermiques se liquéfie tandis qu'une seconde quantité du produit sortant desdits moyens (9, 10) d'échanges thermiques reste gazeuse et le retour de ladite première quantité liquéfiée dans ledit stockage (1), ladite seconde quantité restée gazeuse passant à contre-courant dans lesdits moyens (9, 10) d'échanges thermiques pour participer audit refroidissement du produit sortant dudit compresseur (8), caractérisé en ce que ladite seconde quantité restée gazeuse est renvoyée à l'entrée dudit compresseur (8).

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que

- lesdits moyens (9, 10) d'échanges thermiques sont constitués par au moins un premier et un second échangeurs thermiques à contre-courant;

en ce que

- ladite seconde quantité restée gazeuse passe uniquement dans ledit premier échangeur (9) thermique pour participer audit refroidissement du produit sortant dudit compresseur (8), et en ce que

- ledit procédé comprend par ailleurs le soutirage à l'aide d'une pompe (19) de produit de ladite phase liquide (3), puis sa surcompression à l'aide d'une batterie (20) de pompes, une partie du produit sortant de ladite batterie (20) de pompes étant dérivée pour passer dans ledit second échangeur (10) thermique et refroidir le produit sortant dudit premier échangeur (9) thermique avant de rejoindre le reste du produit sortant de ladite batterie (20) de pompes pour être dirigée ensuite vers le réseau de distribution sous forme vapeur.

3. Procédé selon la revendication 1 ou la revendication 2, caractérisé en ce qu'une vanne de contrôle (12) du type de Joule-Thomson est prévue en amont dudit réservoir (11).

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la détente de produit dans ledit réservoir (11) est adiabatique.

Patentansprüche

1. Verfahren, um die Zusammensetzung eines Produkts vom Typ verflüssigtes Gas konstant zu halten, wobei das Produkt eine flüssige Phase (3) und eine gasförmige Phase (4) aufweist und in einem Milieu (5) gelagert ist, dessen Temperatur höher ist als die des Produkts, wobei das Verfahren hintereinander das Abführen von Produkt aus der gasförmigen Phase (4), seine Komprimierung durch einen Kompressor (8), seine Abkühlung in Wärmetauschermitteln (9, 10), seine Ausdehnung in einem Behälter (11) bei einer solchen Temperatur, daß eine erste Menge des aus den Wärmetauschermitteln (9, 10) austretenden Produkts sich verflüssigt, während eine zweite Menge des aus den Wärmetauschermitteln (9, 10) austretenden Produkts gasförmig bleibt, und die Rückkehr der ersten verflüssigten Menge in das Lager (1) umfaßt, wobei die zweite, gasförmig gebliebene Menge im Gegenstrom durch die Wärmetauschermittel (9, 10) läuft, um an der Abkühlung des aus dem Kompressor (8) kommenden Produkts mitzuwirken, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite, gasförmig gebliebene Menge zum Eingang des Kompressors (8) zurückgeleitet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß

- die Wärmetauschermittel (9, 10) aus mindestens einem ersten und einem zweiten Wärmetauscher im Gegenstrom bestehen, daß

- die zweite, gasförmig gebliebene Menge nur durch den ersten Wärmetauscher (9) läuft, um an der Abkühlung des aus dem Kompressor (8) austretenden Produkts mitzuwirken, und daß

- das Verfahren außerdem die Entnahme von Produkt in der flüssigen Phase (3) mit Hilfe einer Pumpe (19), dann seine Überkomprimierung mit Hilfe einer Pumpenbatterie (20) umfaßt, wobei ein Teil des aus der Pumpenbatterie (20) austreten-

den Produkts abgeleitet wird, um durch den zweiten Wärmetauscher (10) zu laufen und das aus dem ersten Wärmetauscher (9) kommende Produkt zu kühlen, bevor es sich mit dem Rest des aus der Pumpenbatterie (20) kommenden Produkts vereint, um dann in Dampfform zum Verteilungsnetz geleitet zu werden.

5

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß ein Steuerventil (12) vom Joule-Thomson-Typ stromaufwärts vor dem Behälter (11) vorgesehen ist.

10

4. Verfahren nach einem beliebigen der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Produktausdehnung im Behälter (11) adiabatisch ist.

15

Claims

1. A method of maintaining constant the composition of a product of the liquefied gas type, said product comprising a liquid phase (3) and a gas phase (4) and being stored in a medium (5) whose temperature is higher than the temperature of said product, said method comprising successively evacuating product in said gas phase (4), compressing it by means of a compressor (8), cooling it in heat exchanger means (9, 10), expanding it in a tank (11) to a temperature such that a first quantity of the product leaving said heat exchanger means (9, 10) liquefies, whereas a second quantity of the product leaving said heat exchanger means (9, 10) remains gaseous, and returning said first liquefied quantity into said store (1), said second quantity that remains gaseous passing as a counterflow through said heat exchanger means (9, 10) in order to participate in said cooling of the product leaving said compressor (8), the method being characterized in that said second quantity that remains gaseous is returned to the inlet of said compressor (8).

20

25

30

35

2. A method according to claim 1, characterized in that:

40

said heat exchanger means (9, 10) are constituted by at least first and second quantity that remains gaseous passes solely through

said first heat exchanger (9) in order to participate in said cooling of the product leaving said compressor (8); and in that

45

said method further includes bleeding the product in the liquid phase (3) by means of a pump, then raising its pressure by means of a battery (20) of pumps, with a portion of the product leaving said battery (20) of pumps being diverted to pass through said second heat exchanger (10) to cool the product leaving said first heat exchanger (9) prior to rejoining the remainder of the product leaving said battery (20) of pumps so as to be subsequently directed towards a network for distribution in the form of vapor.

50

55

3. A method according to claim 1 or claim 2, characterized in that a Joule-Thomson type control valve (12) is provided upstream from said tank (11).

60

4. A method according to any one of claims 1 to 3, characterized in that the expansion of the product in said tank (11) is adiabatic.

65

