

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

①① N° de publication : **3 100 032**

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national : **19 09298**

⑤① Int Cl⁸ : **B 67 D 7/04** (2019.01), B 67 D 7/36, B 67 D 3/00,
F 17 C 9/02, F 17 C 5/02

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ Station de distribution gravimétrique de gaz condensé à l'état liquide et procédé de gestion d'une telle station.

②② Date de dépôt : 20.08.19.

③⑦ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 26.02.21 Bulletin 21/08.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 10.09.21 Bulletin 21/36.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥⑦ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *AXEGAZ TRADING AND
TECHNOLOGIES Société par actions simplifiée* — FR.

⑦② Inventeur(s) : MORRIELLO Alfonso.

⑦③ Titulaire(s) : *AXEGAZ TRADING AND
TECHNOLOGIES Société par actions simplifiée.*

⑦④ Mandataire(s) : FEDIT-LORIOT.

FR 3 100 032 - B1



Description

Titre de l'invention : Station de distribution gravimétrique de gaz condensé à l'état liquide et procédé de gestion d'une telle station

- [0001] L'invention concerne la distribution de gaz condensé à l'état liquide (par ex. du gaz naturel liquéfié ou GNL) d'un réservoir stationnaire à un réservoir embarqué sur un véhicule, typiquement un véhicule fonctionnant au gaz naturel.
- [0002] Le gaz naturel, essentiellement composé de méthane (de formule chimique CH₄) est une ressource abondante. Employé comme carburant dans les moteurs à combustion interne, le gaz naturel présente l'avantage d'être peu polluant par comparaison aux hydrocarbures (essence, fioul) issus du raffinage du pétrole.
- [0003] Ce double avantage lui vaut de tenir une place de choix parmi les sources alternatives d'énergie destinées à la propulsion des véhicules, notamment des véhicules terrestres, et plus particulièrement des véhicules lourds destinés par ex. au transport (camions), à la manutention ou aux travaux (engins de chantier).
- [0004] Comme pour la plupart des sources d'énergie combustible, les sites de consommation du gaz naturel sont distants de ses sites de production. Le gaz naturel doit donc être transporté.
- [0005] Si le gaz naturel est pour partie transporté sous forme gazeuse au moyen de gazoducs en début de chaîne, c'est-à-dire entre les sites de production et les usines de traitement, où sont séparés du méthane les autres gaz (notamment le dioxyde de carbone), il est, en milieu et en fin de chaîne, c'est-à-dire en aval des usines de traitement, transporté sous forme liquéfiée. A cet effet, le gaz naturel est refroidi par cryogénie à une température de -161°C, ce qui provoque sa condensation et la réduction de son volume dans un rapport de 600 pour 1.
- [0006] Aux fins de son utilisation comme carburant pour les véhicules de transport terrestre, le GNL est acheminé au moyen de camions citernes jusqu'à des stations de distribution où il est stocké dans des réservoirs.
- [0007] Les conducteurs des véhicules fonctionnant au GNL peuvent alors régulièrement faire le plein de leurs réservoirs à ces stations de distribution, qui tendent à se multiplier, notamment en Europe sous l'oeil de la Commission européenne, qui a publié en novembre 2013 un rapport d'étape intitulé « DG Move, Seventh Framework Programme, GC.SST.2012.2-3 GA No. 321592 » décrivant certaines technologies de stations de distribution de GNL. Si le schéma de principe fourni (figure 2-1 du rapport d'étape) montre une station munie d'une pompe pour la distribution forcée du GNL, le rapport évoque, sans les détailler, des stations prétendument dépourvues de pompe, dont il est indiqué qu'elles «doivent fonctionner à une pression de stockage plus

élevée».

- [0008] De façon générale, les objectifs dans l'exploitation d'une station de distribution de GNL sont de :
- minimiser le taux d'indisponibilité due à une pression inappropriée (trop élevée ou insuffisante) dans la station ou une température trop élevée du GNL dans la station ;
 - Minimiser la température du GNL livré, sans descendre en dessous de la pression de saturation minimum nécessaire au bon fonctionnement du véhicule ;
 - maximiser le débit de remplissage des véhicules sans dépasser la limite légale ;
 - permettre le ravitaillement de tout type de véhicules ;
 - éviter la mise à l'atmosphère du gaz naturel.
- [0009] Les stations équipées de pompes de distribution du GNL ont pour principal avantage de forcer l'injection du GNL dans les réservoirs, sans qu'il soit nécessaire de les dégazer, la vapeur de GNL présente dans le réservoir se recondensant sous forme liquide à mesure que le réservoir se remplit et qu'y augmente ainsi la pression de vapeur saturante.
- [0010] Mais les stations de distribution à pompe souffrent d'inconvénients majeurs, à savoir notamment, la complexité technologique des pompes cryogéniques nécessaires à l'injection du GNL, la nécessité de les maintenir à une température de fonctionnement basse, à laquelle les pièces mobiles adoptent un comportement moins prédictible qu'à température ambiante ou, si les pompes sont maintenues à température ambiante entre les distributions, la nécessité de les mettre en froid avant chaque distribution et, par voie de conséquence, la maintenance fréquente à laquelle ces pompes sont soumises.
- [0011] Les stations de distribution sans pompe remédient à ces défauts en recourant à une distribution par gravimétrie (c'est-à-dire par équilibrage des pressions). Ainsi, le brevet américain US 9 181 077 écrit une station de distribution de GNL sans pompe, dans laquelle le GNL est stocké dans un réservoir (A) à une pression comprise entre 12 et 15 bars, pour alimenter des réservoirs embarqués de véhicules à une pression comprise entre 3 et 10 bars.
- [0012] On connaît encore du brevet EP 3 232 113, un procédé permettant de distribuer efficacement, de manière automatisée et sans pompe, le gaz condensé à l'état liquide du réservoir stationnaire d'une station de distribution au réservoir embarqué sur un véhicule. La station est équipée d'un automate programmable (16) incluant un processeur dans lequel est implémenté un programme de commande du circuit fluide de distribution (13) et du circuit de dégazage (15) de la station et permettant de procéder de manière automatique à la distribution du GNL à la demande.
- [0013] L'automate est en particulier programmé pour maintenir dans le réservoir stationnaire (6) de la station une pression de vapeur égale (ou supérieure) à une pression cible ou pression de travail pour la station, qui est un paramètre qui peut être modifié

manuellement par l'exploitant ou le responsable de la maintenance. A cet effet, la pression de vapeur dans le réservoir (6) est mesurée systématiquement au moyen d'un capteur (PT1), prise en compte par l'automate, et comparée à la valeur de la pression cible mémorisée. Tant que la pression de vapeur dans le réservoir stationnaire (6) est égale ou supérieure à la pression cible, la vanne de pressurisation (V50) d'un circuit de pressurisation (31), qui relie la partie basse du réservoir (6) à sa partie haute est maintenue fermée. En revanche, dès lors que la pression de vapeur dans le réservoir stationnaire (6) devient inférieure à la pression cible, la vanne (V50) de pressurisation est ouverte et le GNL circule dans le circuit de pressurisation. En se réchauffant, le GNL se vaporise et augmente ainsi la pression de vapeur de la phase gazeuse du gaz naturel présent dans le réservoir (6).

- [0014] Cependant, la pression dans la station peut également être inappropriée en ce qu'elle est trop élevée. Ainsi, en fonction des conditions d'exploitation de la station, il peut être aussi souhaitable de pouvoir réduire la pression de vapeur dans le réservoir (6), si cette pression de vapeur est supérieure à la pression cible. La vapeur en excès dans le réservoir pourrait être évacuée par dégazage, mais il est souhaitable d'éviter de rejeter du gaz naturel dans l'atmosphère.
- [0015] Comme expliqué précédemment, la pression cible de la station est définie manuellement par l'opérateur ou le responsable de maintenance de la station. Or, l'ajustement précis de cette pression est un critère essentiel pour permettre de gérer et d'exploiter de façon optimale une station de distribution de GNL, en particulier dans les stations sans pompe. En pratique, cet ajustement repose uniquement sur l'expertise acquise par l'opérateur au fil de l'exploitation de la station. Autrement dit, l'ajustement de la pression de travail de la station repose sur le tour de main de l'opérateur, qui va ajuster à la hausse ou à la baisse cette pression en fonction de conditions courantes d'exploitation de la station, qu'il saura apprécier de part son expérience acquise. On comprend ainsi que le bon fonctionnement de la station de distribution repose sur la présence et la compétence d'une main d'œuvre qualifiée. En l'absence de main d'œuvre qualifié, les stations de distribution de GNL sans pompe se retrouvent donc le plus souvent en dehors des conditions optimales de fonctionnement et présentent des performances médiocres.
- [0016] Cet aspect est un frein important au besoin existant d'automatiser des stations de distribution de GNL sans pompe, pour pouvoir les déployer largement sur des territoires, tout en assurant un fonctionnement optimal de celles-ci.
- [0017] Pour ces raisons, les exploitants de stations de distribution de GNL préfèrent déployer des stations équipées de pompes de distribution au détriment des stations sans pompe recourant à une distribution par gravimétrie, malgré les avantages en termes de coût et de fiabilité que ce dernier type de station peut offrir.

[0018] Dans ce contexte, la présente invention a pour but de proposer un procédé de gestion d'une station de distribution gravimétrique de gaz condensé à l'état liquide, qui soit exempt de l'une au moins des limitations précédemment évoquées.

[0019] A cette fin, l'invention concerne un procédé de gestion d'une station de distribution gravimétrique de gaz condensé à l'état liquide, ladite station comprenant un réservoir de stockage stationnaire, un circuit de distribution raccordé au réservoir stationnaire et muni d'une vanne de distribution et d'un pistolet de distribution pour le branchement à un réservoir embarqué sur un véhicule, un circuit de dégazage muni d'une vanne de dégazage et d'un connecteur de dégazage pour le branchement au réservoir embarqué, le procédé comprenant une régulation de la pression de vapeur dans le réservoir stationnaire sur une pression cible, permettant de contrôler la pression de vapeur dans le réservoir stationnaire pour maintenir un différentiel de pression entre le réservoir stationnaire et le réservoir embarqué lors d'un cycle de distribution où le réservoir embarqué est connecté au circuit de distribution, de sorte que le gaz condensé à l'état liquide puisse s'écouler selon un débit d'écoulement gravitaire prédéterminé depuis le réservoir stationnaire vers le réservoir embarqué, ledit procédé étant caractérisé en ce qu'il comprend, avant le démarrage d'un cycle de distribution, des étapes de :

estimation, sur la base de mesures de température le long du circuit de distribution, d'une première valeur de pression, correspondant à un maximum de pression qui sera atteint dans le réservoir embarqué au cours d'une première phase d'augmentation de la pression du cycle de distribution après son démarrage ;

estimation, sur la base de la température du gaz condensé à l'état liquide livré dans le réservoir embarqué et de la composition du gaz condensé à l'état liquide, d'une seconde valeur de pression, correspondant à la pression de saturation atteinte dans le réservoir embarqué au cours d'une deuxième phase de stabilisation de la pression consécutive à la première phase du cycle de distribution ;

la pression cible du réservoir stationnaire étant calculée en permanence entre deux cycles de distribution successifs en fonction de l'estimation desdites première et seconde valeurs de pression.

[0020] Le procédé de gestion d'une station de distribution de gaz condensé à l'état liquide qui vient d'être décrit procure des avantages déterminants.

D'abord, la distribution peut être effectuée par gravimétrie, c'est-à-dire par différence de pression - et donc sans pompe. Il en résulte des gains énergétiques, car une pompe cryogénique est fortement consommatrice d'électricité. Ensuite, la distribution est automatisée et peut, ainsi, être effectuée sans recourir à une main d'œuvre qualifiée, les seules opérations humaines étant le branchement et le débranchement des circuits de distribution et de dégazage de la station sur le réservoir embarqué du véhicule. Enfin, la distribution est particulièrement efficace grâce au contrôle de la pression de vapeur

dans le réservoir stationnaire et à la régulation de cette pression autour d'une pression cible dynamique, calculée en permanence, en particulier entre deux cycles de distribution, de façon à garder la pression du réservoir stationnaire toujours la plus proche possible d'une pression optimale permettant de garantir le débit recherché pendant le remplissage du réservoir embarqué, tout en évitant les conséquences potentielles d'une pression trop élevée dans le réservoir stationnaire.

- [0021] On peut avantageusement prévoir de mettre à jour, pendant un cycle de distribution, la pression cible calculée avant le démarrage du cycle de distribution.
- [0022] Avantageusement, on acquiert pour ce faire des mesures de la pression dans le réservoir embarqué pendant un cycle de distribution, on met à jour lesdites première et seconde valeurs de pression estimées avant le démarrage du cycle de distribution à partir des mesures de pression acquises et on met à jour la pression cible à partir desdites première et seconde valeurs de pression mises à jour.
- [0023] De préférence, la mise à jour desdites première et seconde valeurs de pression est conditionnée par la détection préalable du branchement du connecteur de dégazage du circuit de dégazage et/ou du pistolet de distribution au réservoir embarqué lors du cycle de distribution. Cela permet de s'assurer que l'on puisse bien disposer de mesures de la pression dans le réservoir embarqué, en vue de la mise à jour de la pression cible.
- [0024] Le procédé comporte avantageusement au moins une phase de dégazage pendant un cycle de distribution, dans laquelle on injecte de la vapeur issue du réservoir embarqué dans un réservoir de boil-off de la station, la régulation de la pression du réservoir stationnaire sur la pression cible comprenant la réinjection du gaz stocké dans le réservoir de boil-off soit dans la phase gazeuse du réservoir stationnaire, soit dans la phase condensée à l'état liquide du réservoir stationnaire, en fonction d'une estimation de la température du gaz à l'état liquide dans le réservoir stationnaire et de la pression de vapeur dans le réservoir stationnaire.
- [0025] Le procédé comprend avantageusement une étape de mesure de la pression de vapeur dans le réservoir stationnaire pendant un cycle de distribution et si la pression de vapeur atteint un seuil haut prédéterminé, il comprend une phase de dégazage du réservoir stationnaire dans laquelle on injecte de la vapeur issue du réservoir stationnaire dans un réservoir de boil-off de la station. Cela permet avantageusement d'agir pour garder la pression du réservoir stationnaire toujours la plus proche possible de la pression cible optimale, y compris lorsque la pression du réservoir stationnaire est supérieure à la pression cible et ce, sans dégazage à l'atmosphère.
- [0026] Avantageusement, il peut être prévu une étape de recondensation du gaz stocké dans le réservoir de boil-off au moyen d'un compresseur et de réinjection du gaz recondensé dans la phase liquide du réservoir stationnaire.

- [0027] L'invention concerne également une station de distribution gravimétrique de gaz condensé à l'état liquide comprenant un réservoir de stockage stationnaire, un circuit de distribution raccordé au réservoir stationnaire et muni d'une vanne de distribution et d'un pistolet de distribution pour le branchement à un réservoir embarqué sur un véhicule, un circuit de dégazage muni d'une vanne de dégazage et d'un connecteur de dégazage pour le branchement au réservoir embarqué, ledit circuit de dégazage étant relié à un réservoir de boil-off de la station, cette station comprenant un automate programmable relié aux vannes du circuit de distribution et du circuit de dégazage pour commander un cycle de distribution, cette station étant caractérisée en ce que ledit automate programmable est adapté pour la mise en œuvre du procédé tel que décrit ci-dessus.
- [0028] Avantageusement, la station comprend un circuit additionnel s'étendant entre le réservoir stationnaire et le réservoir de boil-off, ledit automate étant relié à des vannes de ce circuit additionnel et étant adapté pour commander la dépressurisation de la phase gazeuse du réservoir stationnaire à travers ce circuit additionnel et la récupération du gaz issu du réservoir stationnaire dans le réservoir de boil-off, de sorte à maintenir la pression du réservoir stationnaire à la pression cible.
- [0029] Avantageusement encore, la station comprend un circuit de réinjection du gaz stocké dans le réservoir de boil-off dans le réservoir stationnaire, le circuit de réinjection comprenant un premier conduit de réinjection s'étendant du réservoir de boil-off vers la partie haute du réservoir stationnaire, débouchant dans la phase gazeuse du réservoir stationnaire, et un second conduit de réinjection s'étendant du réservoir de boil-off vers la partie basse du réservoir stationnaire, débouchant dans la phase liquide du réservoir stationnaire, ledit automate programmable étant adapté à commander la réinjection du gaz stocké dans le réservoir de boil-off soit dans la phase liquide soit dans la phase gazeuse du réservoir stationnaire, en fonction de la température du gaz condensé à l'état liquide et de la pression dans le réservoir stationnaire, de sorte à maintenir la pression du réservoir stationnaire à la pression cible.
- [0030] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante donnée à titre d'exemple illustratif et non limitatif et faite en référence aux dessins annexés :
- [0031] [fig.1] est un schéma simplifié d'un mode de réalisation de la station de distribution de l'invention ;
- [0032] [fig.2] est un diagramme comprenant un graphe montrant un exemple d'évolution au cours du temps des pressions dans le réservoir stationnaire, dans le circuit de distribution de la station et dans le réservoir embarqué sur le véhicule avant le démarrage d'un cycle de distribution et pendant le cycle de distribution.
- [0033] Sur la figure 1 est représenté un mode de réalisation d'une station 1 de distribution

gravimétrique d'un gaz condensé à l'état liquide. Le gaz condensé à l'état liquide pourrait être de l'air liquide, de l'azote liquide ou tout autre gaz qu'il est avantageux de stocker sous forme condensée à l'état liquide. Dans l'exemple illustré et dans la description qui suit, il s'agit de gaz naturel liquéfié (GNL). Dans ce qui suit, on n'utilise la dénomination GNL que pour désigner la phase condensée à l'état liquide. La phase gazeuse du gaz naturel est désignée sous l'acronyme GN.

- [0034] Selon l'exemple de réalisation, la station 1 est prévue pour assurer une distribution du GNL à un (ou plusieurs) véhicule(s) équipé(s) d'un moteur à combustion fonctionnant au GNL. Un tel véhicule est équipé d'un réservoir embarqué 40 (et donc mobile) propre à stocker le GNL qui lui est distribué. Le réservoir est équipé d'un raccord fluidique 41 par lequel le GNL est destiné à être injecté lors de la distribution, et d'un raccord pneumatique 42 par lequel les vapeurs de GN présentes dans le réservoir sont destinées à être évacuées au coup par coup par dégazage lors de la distribution (et, le cas échéant, auparavant).
- [0035] Le terme « gravimétrique » signifie que l'écoulement des fluides en phase liquide se fait par différence de pression (dans laquelle peut intervenir la différence d'altitude), sans être forcé au moyen d'une pompe. En d'autres termes, la station 1 est dépourvue de pompe pour la distribution du GNL.
- [0036] Comme on le voit également sur la FIG.1, la station 1 comprend une borne 3 pourvue d'une interface 4 homme-machine. L'interface 4 comprend un écran 5 d'affichage, qui peut être tactile. L'interface 5 peut également comprendre un lecteur 6 de carte, associé à un clavier 7. Dans l'exemple illustré, le clavier 7 se présente sous forme d'un module mécanique séparé, mais il pourrait être tactile et intégré à l'écran 5.
- [0037] La station 1 comprend par ailleurs :
- un circuit 8 fluidique de distribution du GNL, incluant des canalisations tracées en trait plein sur la FIG.1,
 - un circuit 9 de remplissage du réservoir stationnaire, incluant une canalisation également tracée en trait plein sur la FIG.1,
 - un circuit 10 de dégazage, incluant des canalisations tracées en pointillés sur la FIG.1, et
 - un automate 11 programmable (c'est-à-dire une unité de contrôle informatisée), incluant un processeur 12 dans lequel est implémenté un programme de commande du circuit 8 fluidique de distribution et du circuit 9 de dégazage et permettant de procéder de manière automatique à la distribution du GNL à la demande.
- [0038] Selon un mode de réalisation illustré sur la FIG.1, le circuit 8 de distribution comprend :
- un conduit 13 principal de distribution qui s'étend du réservoir 2 stationnaire à un pistolet 14 de distribution du GNL muni de moyens de connexion rapide au raccord

fluidique 41 du réservoir embarqué 40 d'un véhicule ;

- un vaporisateur 15 raccordé au conduit 13 principal par un conduit 16 aller et un conduit 17 retour ; Cet agencement particulier permet avantageusement d'effectuer un conditionnement thermique du gaz condensé à l'état liquide par circulation de celui-ci dans le vaporisateur 15 relié au circuit de distribution 8. En effet, il se peut qu'un conditionnement thermique du GNL soit nécessaire lorsque la différence de température entre le GNL issu du réservoir 2 stationnaire (froid, à -161°C) et celui présent dans le réservoir 40 embarqué (comparativement plus chaud) est trop importante. Comme il est impossible de refroidir le GNL présent dans le réservoir 40 embarqué, c'est le GNL du circuit 8 de distribution qu'il convient de réchauffer, ce qui est effectué par circulation du GNL dans le vaporisateur 15, lequel assure un échange thermique avec l'atmosphère qui cède des calories au GNL ;
- un conduit 18 de réinjection qui relie le conduit 17 retour au circuit 9 de remplissage ;
- un débitmètre FM monté sur le conduit 13 principal en amont du pistolet 14 de distribution ;
- une vanne X3 d'isolation, située sur le conduit 13 principal entre le réservoir 2 et l'embranchement du circuit 9 de remplissage ;
- un robinet V20 de sécurité situé sur le conduit 13 principal en aval de l'embranchement du conduit 9 de remplissage ;
- une vanne V35 principale de distribution du GNL, située sur le conduit 13 principal en aval du robinet V20 de sécurité ;
- une vanne V100 de dérivation située sur le conduit 16 aller du vaporisateur 15 ;
- une première vanne V101 de blocage située sur le conduit 13 principal entre les embranchements du conduit 16 aller et du conduit 17 retour du vaporisateur 15 ;
- une vanne V102 de réinjection située sur le conduit 18 de réinjection ;
- une deuxième vanne V103 de blocage située sur le conduit 13 principal en aval de l'embranchement du conduit 17 retour du vaporisateur 15 ;
- une vanne X21 d'arrêt, située à l'extrémité du conduit 13 principal de distribution entre le débitmètre FM et le pistolet 14 de distribution ; la portion du conduit 13 principal de distribution qui s'étend de la vanne X21 au pistolet 14 de distribution se présente avantageusement sous forme d'un conduit flexible.

[0039] Les vannes X3, V35, V100, V101, V102, V103 et X21 sont reliées à l'automate 11, qui en commande l'ouverture ou la fermeture selon le déroulement de son programme.

[0040] Les vannes X3, V35, V100, V101, V102, V103 et X21, par lesquelles transite le GNL à une température au moins égale à -161°C , sont des électrovannes cryogéniques, aptes à fonctionner à cette température.

[0041] Le robinet V20 de sécurité est, quant à lui, à commande manuelle.

[0042] Comme illustré sur la FIG.1, le circuit 8 de distribution peut comprendre divers

capteurs, notamment :

- un capteur TT1 de température monté sur le conduit 13 principal entre l'embranchement du conduit 9 de remplissage et le robinet V20 de sécurité ;
- un capteur PT3 de pression monté sur le conduit 13 principal entre le robinet V20 d'arrêt et la vanne V35 principale de distribution ;
- un capteur PT100 de pression monté entre la vanne V35 principale de distribution et l'embranchement du conduit 16 aller du vaporisateur 15 ;
- un capteur TT100 de température monté sur le conduit 16 aller du vaporisateur 15 en amont de la vanne V100 de dérivation ;
- un capteur TT200 de température situé sur le conduit 13 principal de distribution en aval de la deuxième vanne V103 de blocage ;
- un capteur PT200 de pression situé sur le conduit 13 principal de distribution en aval de la deuxième vanne V103 de blocage ;
- un capteur PT10 de pression situé sur la portion du conduit 13 principal de distribution, entre la vanne X21 et le pistolet de distribution 14.

[0043] Les capteurs TT100, TT200, PT100 et PT200 et PT10 sont reliés à l'automate 11, qui en reçoit les mesures (de température ou, respectivement, de pression) en temps réel ou à toute période prédéfinie compatible avec les performances (en particulier la cadence d'horloge) de ces capteurs.

[0044] Le réservoir 2 stationnaire est préférentiellement surélevé par rapport au conduit principal de distribution, notamment pour favoriser l'écoulement du GNL du réservoir vers le circuit de distribution lors de la mise en froid initiale du circuit de distribution. Le réservoir est par exemple installé à une hauteur (mesurée à sa base) supérieure ou égale à 1,50 m.

[0045] Le circuit 9 de remplissage comprend un conduit de remplissage, qui s'étend d'une borne A3 de connexion à un embranchement sur le conduit principal 13 entre la vanne X3 d'isolation et la vanne V20 de sécurité, et un robinet V1 de remplissage à commande manuelle, monté sur ce conduit de remplissage.

[0046] Selon un mode de réalisation également illustré sur la FIG.1, le circuit 10 de dégazage comprend :

- un conduit 19 principal de dégazage, qui s'étend depuis un connecteur 20 rapide de dégazage pour le branchement du conduit 19 principal sur le raccord pneumatique 42 du réservoir 40 embarqué, jusqu'à un compresseur 21 ;
- un réservoir BO d'évaporation tampon (également dénommé réservoir de boil-off) monté sur le conduit 19 principal de dégazage en amont du compresseur 21 ;
- un conduit 22 de dérivation court-circuitant le réservoir BO de boil-off ;
- un conduit 23 de mise à l'air branché sur le conduit 19 principal de dégazage en amont du réservoir BO de boil-off ;

- une vanne X6 de dégazage située sur le conduit 19 principal de dégazage en aval et au voisinage du connecteur 20 ; la portion du conduit 19 principal de dégazage qui s'étend de la vanne X6 de dégazage au connecteur 20 rapide de dégazage se présente avantageusement sous forme d'un conduit flexible ;
- une vanne X15 de mise à l'air située sur le conduit 23 de mise à l'air ;
un compteur GM de gaz situé sur le conduit 19 principal de dégazage en amont du réservoir BO de boil-off et de l'embranchement du conduit 23 de mise à l'air ;
- une vanne B301 d'alimentation du réservoir BO de boil-off, située sur le conduit 19 principal de dégazage en amont du réservoir BO de boil-off et en aval de l'embranchement du conduit 23 de mise à l'air ;
- une vanne B300 de dérivation située sur le conduit 22 de dérivation.

- [0047] Comme illustré sur la FIG.1, le circuit 10 de dégazage comprend un capteur PT2 de pression et un capteur TT5A de température, montés sur le conduit 19 principal de dégazage entre la vanne X6 de dégazage et le connecteur 20.
- [0048] Les vannes X6, X15, B300 et B301 sont reliées à l'automate 11, qui en commande l'ouverture ou la fermeture selon le déroulement de son programme. De même, le compresseur 21 est relié à l'automate 11 qui en commande la mise en route ou l'arrêt selon le déroulement de son programme.
- [0049] Dans le circuit 10 de dégazage, le GN est à l'état comprimé (mais non condensé) ; sa température est variable selon sa pression mais elle demeure supérieure à -161°C . Les vannes X6, X15, B300 et B301, par lesquelles transite le GN à l'état comprimé, sont également des vannes cryogéniques. On peut choisir le modèle de chaque vanne en fonction de la température du gaz au lieu où est située la vanne ; par sécurité, on peut aussi choisir pour le circuit 10 de dégazage des vannes aptes à fonctionner jusqu'à la température du GNL (soit -161°C). Comme nous le verrons ci-après, la vanne X6, en particulier, la plus proche du réservoir 40 embarqué à remplir, doit pouvoir fonctionner à cette température.
- [0050] Les capteurs TT5A et PT2 sont reliés à l'automate 11, qui en reçoit les mesures (de température ou, respectivement, de pression) en temps réel ou à toute période prédéfinie compatible avec les performances (en particulier la cadence d'horloge) de ces capteurs.
- [0051] Comme illustré sur la FIG.1, la station 1 comprend également un circuit 24 de recirculation, qui relie le circuit 8 de distribution, en aval du débitmètre FM et en amont de la vanne X21 de distribution finale, au circuit 10 de dégazage en aval de la vanne X6 de dégazage. Ce circuit 24 de recirculation comprend une vanne X20 de recirculation, reliée à l'automate 11, qui en commande l'ouverture ou la fermeture selon le déroulement de son programme.
- [0052] La station 1 comprend en outre un conduit principal 25 de réinjection, qui s'étend du

compresseur 21, situé en amont du réservoir BO de boil-off au réservoir 2 stationnaire. Ce conduit 25 de réinjection permet de réinjecter le gaz stocké dans le réservoir BO de boil-off dans le réservoir 2 stationnaire.

- [0053] On prévoit plus précisément un double circuit de réinjection, permettant de réinjecter le gaz stocké dans le réservoir BO de boil-off, soit dans la partie haute du réservoir 2 stationnaire, autrement dit directement dans la phase gazeuse, soit dans la partie basse du réservoir 2 stationnaire, autrement dit directement dans la phase liquide, selon que la réinjection en phase gazeuse ou en phase liquide du GN permettra d'assurer le maintien de la pression de la station toujours le plus proche possible de la pression cible, comme il sera expliqué plus loin dans la description.
- [0054] Aussi, le conduit principal 25 de réinjection est dédoublé en un conduit 26 de réinjection vers la partie haute du réservoir 2 stationnaire, débouchant dans la phase gazeuse, et un conduit 27 de réinjection vers la partie basse du réservoir 2 stationnaire, débouchant dans la phase liquide. Une première vanne V24 de réinjection est située sur le conduit 26 de réinjection vers la partie haute du réservoir 2 stationnaire, en aval de l'embranchement sur le conduit principal 25 de réinjection et une seconde vanne V22 de réinjection est située sur le conduit 27 de réinjection vers la partie basse en aval de l'embranchement sur le conduit principal 25 de réinjection. Les vannes V22 et V24 sont reliées à l'automate 11, qui en commande l'ouverture et la fermeture selon le déroulement de son programme, de façon à permettre de réinjecter le gaz stocké dans le réservoir VO de boil-off soit dans la phase gazeuse, soit dans la phase liquide.
- [0055] La station 1 comprend aussi un circuit 28 de pressurisation, qui relie la partie basse du réservoir 2 (où il est en communication avec la phase liquide) à sa partie haute (où il est en communication avec la phase gazeuse). Sur ce circuit 28 de pressurisation est montée une vanne V50 de pressurisation reliée à l'automate 11, qui en commande l'ouverture et la fermeture. Comme illustré sur la FIG.1, le circuit 28 de pressurisation est équipé d'un capteur PT1 de pression, monté sur la section aval du circuit 28, entre la vanne V50 et le branchement du circuit 28 sur la partie haute du réservoir 2. Le capteur PT1 de pression est relié à l'automate 11, qui en recueille les mesures. Typiquement, la pression de vapeur dans le réservoir 2 est mesurée systématiquement (par ex. en temps réel ou à intervalles fixes) au moyen du capteur PT1, est prise en compte par l'automate 11 et est comparée à une valeur de pression cible ou pression de travail pour la station, qui est, dans l'état de la technique, un paramètre déterminé de manière plus ou moins empirique et qui est réglé manuellement par l'opérateur de la station. Tant que la pression de vapeur dans le réservoir 2 est égale ou supérieure à cette pression cible, la vanne V50 de pressurisation est maintenue fermée. En revanche, dès lors que la pression de vapeur dans le réservoir 2 stationnaire devient inférieure à la pression cible, la vanne V50 de pressurisation est ouverte et le GNL

circule dans le circuit 28 de pressurisation. En se réchauffant, le GNL se vaporise et augmente ainsi la pression de vapeur du GN présent dans le réservoir stationnaire 2. Autrement dit, le circuit de pressurisation 28 permet d'augmenter la pression du réservoir stationnaire 2 en cas de nécessité, en particulier lorsque la pression devient inférieure à la pression cible qui a été réglée.

[0056] Le circuit 28 de pressurisation comprend en outre préférentiellement un vaporisateur 31. Cet agencement particulier permet de gérer de façon optimale la montée en pression dans le réservoir stationnaire 2, avant de débiter la distribution ou encore en cours de distribution. Il est ainsi possible de vaporiser du gaz condensé à l'état liquide stocké dans le réservoir stationnaire 2 par circulation de celui-ci dans le vaporisateur 31 du circuit 28 de pressurisation. Le GNL ainsi vaporisé est réinjecté en partie haute du réservoir 2 stationnaire via le circuit 28 et partant, la pression de vapeur du GN présent dans le réservoir 2 s'en trouve augmentée. Pour ce faire, la vanne V50 est placée par l'automate dans l'état ouvert.

[0057] En variante, le circuit de montée en pression permettant de gérer la montée en pression dans le réservoir stationnaire 2 de la station pourrait utiliser le vaporisateur 15, raccordé au conduit 13 principal du circuit de distribution et utilisé par ailleurs pour assurer, si nécessaire, un conditionnement thermique du GNL. A cet effet, pour procéder à une montée en pression du réservoir 2 stationnaire, les vannes suivantes sont placées, sur commande de l'automate, dans les états respectifs suivants (O signifiant ouvert et F signifiant fermé) :

[Tableaux1]

Vanne	Etat
X3	O
V35	O
V50	F
V100	O
V101	F
V102	F
V103	O
X20	O
X21	F
X6	F
X15	F
B300	F
B301	O
V33	O
V45	F
V22	F
V24	O

[0058] Le compresseur 21 est à l'arrêt.

[0059] De la même manière qu'avec le circuit 28 de montée en pression dédié, la commande des différentes vannes qui vient d'être décrite permet au GNL de se vaporiser au travers du vaporisateur 15 et d'être réinjecté en partie haute du réservoir 2 stationnaire, augmentant ainsi la pression de vapeur du GN dans le réservoir.

[0060] Cependant, si un fonctionnement correct de la station peut être empêché par une pression insuffisante dans le réservoir stationnaire, il peut l'être également par une pression trop élevée. En effet, si la pression est trop élevée dans le réservoir de la station, le débit risque d'être trop important lors de la distribution de GNL. Or, si le débit dépasse un seuil maximal, fixé par la réglementation, la distribution est stoppée. Une pression trop élevée dans le réservoir stationnaire risque également d'entraîner un dépassement de la pression maximale du réservoir embarqué, entraînant le déclenchement de la soupape du réservoir embarqué. Par ailleurs, une autre conséquence néfaste survenant en cas de pression trop élevée dans le réservoir stationnaire concerne

le réchauffement précoce du GNL dans la station, ce qui oblige alors à ravitailler la station plus fréquemment avec une augmentation des coûts logistiques. Une pression trop élevée dans le réservoir stationnaire n'est donc pas souhaitable, de même que la mise à l'atmosphère du gaz présent dans le réservoir stationnaire 2 de la station pour en faire baisser la pression.

- [0061] Comme il va être détaillé ci-après, le principe de l'invention réside dans la détermination d'une pression cible optimale pour le réservoir stationnaire, qui est calculée de façon dynamique. Plus précisément, on prévoit de recalculer en permanence cette pression cible optimale sur laquelle doit être régulée la pression du réservoir stationnaire 2, à la fois entre deux pleins, soit entre deux cycles de distribution successifs, mais également au cours d'un cycle de distribution courant, avec l'objectif de garantir le débit voulu pendant un cycle de distribution.
- [0062] Aussi, pour permettre de garder la pression du réservoir stationnaire 2 toujours la plus proche possible de la pression cible optimale, y compris lorsque la pression du réservoir stationnaire est supérieure à cette pression cible, la station 1 comprend un circuit additionnel 29, permettant de réduire la pression dans le réservoir 2 de la station et ce, sans faire de dégazage dans l'atmosphère. Comme illustré sur la figure 1, ce circuit additionnel 29 comprend un conduit de dépressurisation 30, qui s'étend depuis le conduit principal 25 de réinjection en aval du compresseur 21 jusqu'au réservoir BO de boil-off. Une vanne V33 d'alimentation du réservoir BO de boil-off est située sur le conduit de dépressurisation 30, en amont du réservoir BO de boil-off et en aval de l'embranchement du conduit de dépressurisation 30 avec le conduit principal 25 de réinjection. Une vanne V45 de dérivation est montée sur le conduit 25 de réinjection, sur la section en aval du compresseur 21 entre ce dernier et l'embranchement du conduit de dépressurisation 30. Les vannes V33 et V45 sont reliées à l'automate 11, qui en commande l'ouverture ou la fermeture selon le déroulement de son programme.
- [0063] Ainsi, par une commande appropriée des vannes, la phase gazeuse du réservoir stationnaire 2 de la station peut être dépressurisée et récupérée dans le réservoir BO de boil-off via le conduit 26 de réinjection dans la partie haute du réservoir stationnaire, le conduit principal 25 de réinjection et le conduit de dépressurisation 30. Une fois récupéré, ce gaz peut être réinjecté en phase liquide, comme expliqué précédemment. Cette double opération de récupération du gaz en surpression stocké dans le réservoir stationnaire 2 et de réinjection de ce gaz récupéré dans la phase liquide du réservoir 2 permet de réduire la pression du réservoir stationnaire 2. Cependant, le fait de réinjecter le gaz dans la phase liquide du réservoir stationnaire 2 où il va se condenser, va aussi entraîner une augmentation de la température de la phase liquide et partant, une modification de la valeur de pression cible optimale de la station. Autrement dit, l'effet de cette double opération est de modifier à la fois la pression dans le réservoir

stationnaire 2 et la pression cible sur laquelle doit être régulée la pression du réservoir stationnaire. Elle est avantageusement déclenchée par l'automate 11 seulement si l'effet de la réduction de pression envisagée conduit bien à réduire l'écart entre la pression cible et la pression dans le réservoir stationnaire.

[0064] On va maintenant décrire plus en détail comment la pression cible optimale du réservoir stationnaire 2 est calculée dynamiquement, selon les principes de l'invention.

[0065] La pression cible dans le réservoir stationnaire 2 correspond à la valeur de pression qu'il faut maintenir dans le réservoir stationnaire 2 pour avoir toujours un différentiel de pression suffisant avec la pression de saturation P_{sat} dans le réservoir embarqué 40 permettant d'obtenir la vitesse d'écoulement souhaité du GNL dans le circuit de distribution de la station.

[0066] En effet, le débit est fonction de la densité du GNL selon l'équation suivante (en faisant l'hypothèse que le GNL un fluide incompressible) :

$$[0067] \quad Q_v = K \cdot \sqrt{\frac{\Delta P}{Rho}} \quad [1]$$

[0068] où :

[0069] Q_v correspond au débit volumique du GNL, ΔP correspond à la différence entre la pression dans le réservoir stationnaire 2 et la pression dans le réservoir embarqué 40 sur le véhicule, K est un coefficient de débit et Rho correspond à la densité de GNL, qui est fonction de la température du GNL et de sa composition.

[0070] S'agissant de sa composition, le GNL contient plusieurs fractions d'hydrocarbures. La composition du GNL peut ainsi être notée de la façon suivante $\{x_1, x_2, x_3, x_4\}$, où les paramètres x_1 à x_4 correspondent respectivement à la fraction de méthane, d'éthane, de propane et de butane présente dans le GNL. Les fractions plus lourdes sont négligeables.

[0071] La pression de saturation P_{sat} et la densité du GNL peuvent être estimées à partir de sa composition $\{x_1, x_2, x_3, x_4\}$ et de sa température.

[0072] La température du GNL varie le long du du circuit de distribution 8, mais en appliquant l'équation [1] à un circuit de distribution réduit à un modèle simplifié d'un orifice, il est possible d'obtenir une approximation suffisante du processus réel.

[0073] Afin de pouvoir calculer la pression cible optimale, notée $P_{objectif}$, les autres grandeurs de l'équation [1] doivent être fixées, mesurées, ou estimées, comme on le verra ci-après. Cette pression cible optimale $P_{objectif}$ est calculée en permanence entre deux cycles de distribution et aussi pendant chaque cycle de distribution.

[0074] Entre deux cycles, la pression cible optimale $P_{objectif}$ est calculée de la manière suivante :

$$[0075] \quad P_{objectif} = \max \left(P_{sat} + Rho \cdot \left(\frac{Q_v}{K} \right)^2; P_{max} + P_{margin} \right) - \Delta P_{adjust} \quad [2]$$

- [0076] où :
- [0077] Q_v , la valeur de débit volumique, est fixée par l'exploitant de la station ;
- [0078] P_{max} et P_{sat} correspondent respectivement à la valeur d'un maximum de pression qui sera atteint dans le réservoir embarqué au cours d'une première phase du prochain cycle de distribution et à la valeur de la pression de saturation atteinte dans le réservoir embarqué au cours d'une deuxième phase du prochain cycle de distribution ; ces valeurs P_{max} et P_{sat} doivent quant à elles être estimées par l'automate, selon des principes qui seront détaillés plus loin ;
- [0079] ρ , correspondant à la densité du GNL, est estimée en fonction de la composition du GNL $\{x_1, x_2, x_3, x_4\}$ et de la température du GNL livré, notée $T_{livré}$;
- [0080] la composition du GNL $\{x_1, x_2, x_3, x_4\}$ est estimée lors des pleins/dépotages précédents ;
- [0081] le coefficient K est estimé à partir des mesures et calculs effectués au cours des pleins précédents ;
- [0082] ΔP_{adjust} correspond à une variable d'ajustement de la pression cible optimale, de façon à garantir un débit minimum en fin de plein ; cette variable est estimée entre deux pleins, comme il sera détaillé plus loin ;
- [0083] P_{margin} est un paramètre qui définit une marge de sécurité par rapport à la pression P_{max} estimée, et qui est fixé en analysant la performance des précédents pleins, comme il sera détaillé plus loin.
- [0084] On va maintenant détailler le processus visant à estimer le plus précisément possible les valeurs de pression P_{max} et P_{sat} du réservoir embarqué, ce processus étant réalisé avant le démarrage de la distribution pour faire le plein. En effet, le contrôle de la pression dans la station est lent et ne permet pas d'opérer des ajustements importants pendant un cycle de distribution, mais seulement de faibles écarts. Aussi, c'est tout l'intérêt ici de permettre de réguler la pression du réservoir stationnaire, avant le démarrage de la distribution, sur une pression cible optimale, en tenant compte d'une estimation des valeurs de pression P_{max} et P_{sat} susceptibles d'être atteintes dans le réservoir embarqué du véhicule au cours du prochain cycle de distribution.
- [0085] Comme expliqué plus haut, P_{max} correspond à la valeur du maximum de pression atteint dans le réservoir embarqué 40 du véhicule au cours d'une première phase du cycle de distribution, intervenant après le démarrage de la distribution, cette première phase du cycle de distribution correspondant à une phase d'augmentation initiale de la pression dans le réservoir embarqué 40.
- [0086] Pour mieux comprendre cet aspect, on va décrire le processus de distribution du GNL en référence au graphe de la figure 2.
- [0087] Tout d'abord, pour autoriser la distribution, le pistolet 14 de distribution et le connecteur 20 de dégazage sont branchés respectivement sur le raccord 41 fluïdique et

sur le raccord 42 pneumatique du réservoir 40 embarqué. Ces branchements peuvent être réalisés manuellement par un opérateur non qualifié, par ex. par le chauffeur du véhicule. Une fois effectués les branchements, et autorisée la distribution, l'automate 11 initie un cycle de distribution, qui peut comprendre plusieurs phases successives de distribution séparées par des phases intermédiaires de dégazage.

[0088] On voit tout d'abord sur le graphe de la Fig. 2 que la pression dans le circuit 8 de distribution, notée P2, est sensiblement stationnaire aux environs de 15 bars avant de chuter brusquement vers 8,5 bars, correspondant au moment où le pistolet 14 de distribution de la station est branché sur le raccord 41 fluide du réservoir embarqué 40, ce qui provoque la chute de pression dans le circuit de distribution 8, jusqu'à ce qu'elle s'équilibre avec la pression P0 du réservoir embarqué. La vanne V35 principale de distribution du GNL étant ouverte (tandis que la vanne X6 de dégazage est fermée), commence alors la distribution pour faire le plein, sensiblement au temps $t = 155$ s, selon l'exemple de la Fig. 2. Compte tenu de la différence entre la pression du réservoir stationnaire 2, notée P1, et celle du réservoir embarqué 40, le GNL s'écoule du réservoir stationnaire 2 au réservoir embarqué 40 via le circuit de distribution 8, où la pression P2 du GNL subit une brusque augmentation.

[0089] Dans le même temps, on voit également sur le graphe de la Fig. 2 que la pression P0 dans le réservoir embarqué 40 sur le véhicule subit une première phase initiale d'augmentation de pression au démarrage de la distribution, jusqu'à atteindre la valeur Pmax, correspondant au maximum de pression atteint dans le réservoir embarqué du véhicule au cours de cette première phase. En effet, lors d'un plein, le GNL livré se réchauffe légèrement dans un premier temps lors du passage dans les conduits plus chauds du circuit de distribution, ce qui a pour effet de faire augmenter la pression dans le réservoir embarqué dans la première phase du plein, jusqu'à atteindre un maximum de pression Pmax.

[0090] A noter que le fait de procéder à une mise en froid du circuit de distribution 8, avant de démarrer un cycle de distribution, permet de limiter l'augmentation initiale de la pression P0 dans le réservoir embarqué dans la première phase du plein, mais ne l'élimine pas complètement. On procède en général à une mise en froid du circuit de distribution si la distribution pour faire le plein du réservoir embarqué d'un véhicule ne suit pas immédiatement une distribution précédente.

[0091] Pour la mise en froid, on procède à l'ouverture de la vanne X20 du circuit de recirculation, qui met le circuit 8 de distribution en communication avec le circuit 10 de dégazage, lui-même en communication avec le réservoir BO de boil-off (à faible pression) via la vanne B301, ce qui provoque une chute de pression dans le circuit 8 de distribution. La différence de pression entre celui-ci et le réservoir 2 stationnaire provoque l'écoulement du GNL du réservoir 2 stationnaire vers le circuit 8 de dis-

tribution, puis vers le circuit 10 de dégazage. L'automate 11 peut vérifier via le débitmètre FM que le GNL s'écoule effectivement dans le circuit 8 de distribution. Le GN du réservoir BO de boil-off est recomprimé à l'aide du compresseur 21 et réinjecté dans le réservoir 2 stationnaire.

- [0092] Les états précités sont maintenus tant que le circuit de distribution n'est pas correctement refroidi. La détection de fin de refroidissement est déterminée sur la base des mesures fournies par les capteurs du circuit. Dès que la fin du refroidissement est détectée, les vannes X15, X20 et B301 sont fermées sur commande de l'automate 11, qui peut dès lors vérifier via le débitmètre FM que le GNL cesse effectivement de s'écouler dans le circuit 8 de distribution. La distribution peut alors être autorisée.
- [0093] De façon similaire à la mise en froid, si une distribution suit immédiatement une distribution précédente, les conduits du circuit de distribution n'auront pas eu le temps de se réchauffer et l'augmentation initiale de la pression P_0 dans le réservoir embarqué dans la première phase du cycle de distribution sera également limitée, mais néanmoins existante.
- [0094] Aussi, l'estimation de ce maximum de pression P_{max} susceptible d'être atteint dans le réservoir embarqué 40 dans la première phase du plein et sa prise en compte pour déterminer la pression cible à maintenir dans le réservoir stationnaire et ce, avant le démarrage de la distribution, est un facteur important permettant d'optimiser la distribution de GNL, notamment pour garantir que la distribution ne se bloque pas.
- [0095] Avant le démarrage de la distribution, le maximum de pression P_{max} susceptible d'être atteint dans le réservoir embarqué dans la première phase de la distribution, va être estimé à partir de mesures de température effectuées par les capteurs de température installés le long du circuit de distribution. Ainsi, en fonction de ces mesures de température, l'automate 11 sera en mesure de déterminer le degré de réchauffement du GNL lors de son écoulement dans le circuit de distribution et partant, de déterminer la montée initiale de pression dans le réservoir embarqué dans la première phase de distribution et ainsi, d'estimer la valeur P_{max} , correspondant au maximum de pression atteint dans cette première phase.
- [0096] Connaissant P_{max} avant le démarrage de la distribution, on fixe également la valeur du paramètre P_{margin} , définissant la marge de sécurité que l'on s'octroie par rapport à P_{max} pour la détermination de $P_{objectif}$. On fixe une valeur la plus faible possible, mais assez élevée pour garantir que la distribution ne s'arrête pas pendant la première phase du plein (ce qui nécessiterait un dégazage du réservoir pour continuer). Cette valeur optimale de P_{margin} est par exemple dérivée par analyse statistique d'un historique des pleins.
- [0097] On voit ensuite sur le graphe de la figure 2 que, dans une deuxième phase du plein, la courbe de pression P_0 dans le réservoir embarqué subit une diminution à partir de la

pression P_{max} et tend à se stabiliser autour de la pression de saturation P_{sat} du GNL dans le réservoir embarqué, qui est fonction de la température et de la composition du GNL dans le réservoir embarqué. Il faut ici noter que ces paramètres sont une moyenne entre le GNL livré au réservoir embarqué du véhicule et le GNL déjà présent dans le réservoir embarqué du véhicule avant le plein, et donc ils varient au long du plein.

[0098] La pression de saturation P_{sat} du GNL dans le réservoir est estimée, avant le démarrage de la distribution, sur la base de la composition du GNL $\{x_1, x_2, x_3, x_4\}$ et de la température du GNL livré dans le réservoir embarqué. A partir de la température du GNL livré, on peut estimer de façon assez précise la température du GNL dans le réservoir embarqué.

[0099] Avant un plein, la température du GNL livré dans le réservoir embarqué est la plus élevée entre :

- la température courante du GNL stocké dans le réservoir stationnaire de la station, affectée de l'augmentation de température, notée ΔT_{min} , due au réchauffement au cours du passage du GNL dans le circuit de distribution ;

- la température équivalente à la pression de saturation minimale du GNL dans le réservoir embarqué, telle que demandée par le véhicule (on fait ici l'hypothèse que le circuit de conditionnement thermique du réservoir embarqué du véhicule fonctionnera correctement pour garantir cette pression de saturation minimale) ; Dans la mesure où des véhicules de différents types peuvent venir s'approvisionner à la station, qui peuvent demander des pressions de saturation minimales différentes, on applique en tant que pression de saturation minimale demandée, celle la plus élevée, préférentiellement réduite de la montée en pression de la station qui peut être atteinte lors de la mise en froid.

[0100] Concernant l'augmentation de température ΔT_{min} , elle peut être calculée à partir des pleins réalisés précédemment en comparant la température du GNL dans le réservoir de la station qui a été estimée avec celle du GNL livré.

[0101] La température du GNL dans le réservoir stationnaire de la station est en effet difficilement mesurable car il est complexe d'intégrer un capteur de température dans le réservoir stationnaire. Aussi, cette température du GNL dans le réservoir stationnaire est-elle avantageusement estimée à partir des éléments suivants :

- a- Mesures de la température du GNL par le capteur TT1 lors du dépotage s'effectuant via la ligne d'entrée sur le réservoir stationnaire A3 – V1 – X3;

- b- Mesures de la température du GNL par le capteur TT1 sur la ligne de sortie du réservoir stationnaire lors du plein ;

- c- Estimation du réchauffement du GNL en fonction du temps passé, des caractéristiques de stockage du réservoir de la station, de la quantité de GNL dans le réservoir station et de la température du GNL ;

d- Estimation du réchauffement du GNL suite à l'injection de gaz stocké dans le réservoir BO de boil-off dans la phase liquide ou la phase gazeuse.

[0102] Les paramètres utilisés pour les estimations de réchauffement du GNL selon les points c- et d- ci-dessus sont calculés par régression à partir des mesures successives décrites aux point a- et b-.

[0103] Comme indiqué plus haut, la pression de saturation P_{sat} est également estimée sur la base de la composition du GNL $\{x_1, x_2, x_3, x_4\}$. Pour ce faire, on utilise le compteur massique de la station, apte à fournir une mesure de masse du GNL et donc de sa densité. Pendant la distribution, on connaît donc la température du GNL dans la station et la densité du GNL. En comparant ces données, on détermine une estimation de la composition du GNL en fonction de courbes préétablie température/densité des composants individuels du GNL. Ainsi, pendant un plein, on estime la composition du GNL par régression des mesures acquises de température / densité sur les courbes température/densité des composants individuels. On fait ici l'approximation que seulement la fraction x_1 (méthane) peut varier, les autres restent figées aux valeurs mesurées et déclarées par le fournisseur. Sous cette hypothèse, les équation se réduisent et il est possible de les résoudre

[0104] Ainsi, à partir de la composition du GNL et de la température du GNL livré, on estime, avant le démarrage du plein, la pression de saturation P_{sat} du GNL qui sera atteinte dans le réservoir embarqué dans la deuxième phase du plein où la pression se stabilise sensiblement autour de cette pression P_{sat} . Connaissant le débit qui est fixé, on détermine alors la pression cible $P_{objectif}$ qu'il faut garder dans le réservoir stationnaire.

[0105] Comme expliqué précédemment, cette pression cible $P_{objectif}$ dépend aussi de l'écart de pression qu'il faut maintenir avec la valeur estimée du maximum de pression P_{max} qui sera atteint dans le réservoir embarqué dans la première phase de la distribution.

[0106] En outre, on peut prévoir d'optimiser encore la valeur de la pression cible définie pour le réservoir stationnaire, en ajustant cette pression cible sur la base de la variable d'ajustement introduite plus haut, notée ΔP_{adjust} . Cet ajustement de la pression cible vise à garantir un débit minimum en fin de plein et une surpression la plus faible possible dans le réservoir stationnaire pendant la mise en froid.

[0107] En effet, lors la phase initiale de mise en froid du circuit de distribution de la station avant un plein, la pression dans le réservoir stationnaire 2 de la station augmente à cause de la regazéification du GNL utilisé pour refroidir le circuit (comme expliqué précédemment, le GNL est re-circulé et renvoyé dans la station lors de la mise en froid du circuit).

[0108] Par ailleurs, pendant le plein, la pression dans le réservoir stationnaire de la station

baisse naturellement. Le mécanisme de contrôle de la station peut compenser une telle baisse mais sans pouvoir l'éliminer.

- [0109] On prévoit alors d'estimer cette augmentation et cette baisse de pression dans le réservoir stationnaire et de déterminer l'ajustement qu'il convient d'appliquer à la pression cible du réservoir stationnaire, via une estimation de la variable d'ajustement ΔP_{adjust} , de façon à pouvoir garantir un débit minimum en fin de plein et une sur-pression la plus faible possible pendant la mise en froid du circuit.
- [0110] Plus précisément, la variable d'ajustement ΔP_{adjust} est estimée, entre deux pleins ou cycles de distribution, sur la base de :
- la température du circuit de recirculation ;
 - la composition du GNL ;
 - le volume de stockage du réservoir de la station ;
 - la quantité de GNL dans le réservoir de la station ;
 - la température du GNL dans la station ; et
 - de paramètres propres au circuit de recirculation, calculés par interpolation lors des pleins précédents.
- [0111] La variable d'ajustement ΔP_{adjust} est alors fixée, pendant un plein, sur la base de la phase du plein. Les valeurs à attribuer à ΔP_{adjust} à chaque phase du plein sont estimées par régression à partir des mesures des pleins précédemment réalisés.
- [0112] Comme indiqué précédemment, la pression cible optimale $P_{objectif}$ est aussi recalculée en permanence pendant un plein.
- [0113] Ainsi, pendant un plein, la pression cible optimale $P_{objectif}$ du réservoir stationnaire 2 est calculée de la manière suivante :
- [0114]
$$P_{objectif} = \max (P_{sat} + \Delta P; P_{max} + P_{margin}) - \Delta P_{adjust}$$
 [3]
- [0115] ΔP , correspondant à la différence entre la pression dans le réservoir stationnaire 2 et la pression dans le réservoir embarqué 40 sur le véhicule, est mesurée pendant le plein.
- [0116] Le débit Q_v (ou le débit massique) est également mesuré.
- [0117] La température de livraison du GNL est aussi mesurée pendant le plein.
- [0118] En outre, connaissant la densité ρ via le compteur massique, le paramètre K et les paramètres x_1, \dots, x_4 définissant la composition du GNL sont calculés et mémorisés pour être utilisés ultérieurement .
- [0119] Le paramètre K résulte de l'équation suivante :
- [0120]
$$K = Q_v \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\Delta P}}$$
 [4]
- [0121] Concernant les paramètres x_1, \dots, x_4 définissant la composition du GNL, ils sont calculés comme expliqué plus haut, c'est-à-dire par régression des mesures de température / densité prises instant par instant sur les courbes température/densité des

composants individuels du GNL.

- [0122] Ainsi, les mesures réalisées pendant un plein sont utilisées pour mettre à jour en temps réel les estimations faites avant le plein et ainsi mettre à jour la valeur de pression cible optimale pour le réservoir de la station qui a été estimé avant le plein.
- [0123] On doit pour ce faire disposer des mesures de la pression dans le réservoir embarqué pendant le cycle de distribution. Selon un mode de réalisation, ces mesures peuvent être acquises via le capteur PT2, disposé dans le circuit 10 de dégazage. On fait ici l'hypothèse que l'opérateur a bien branché le connecteur 20 rapide de dégazage pour le branchement du conduit 19 principal sur le raccord 41 pneumatique du réservoir 40 embarqué, de sorte qu'on dispose bien pendant le plein des mesures de pression dans le réservoir embarqué, acquises en temps réel par le capteur PT2 et donc de la mesure de ΔP .
- [0124] Le branchement du connecteur 20 de dégazage sur le raccord pneumatique 42 du réservoir embarqué lors d'un cycle de distribution peut être détecté, selon un exemple de réalisation, à partir d'un suivi de la pression dans le conduit flexible relié au connecteur 20 qui doit être branché. Ce suivi de pression peut être effectué à partir des mesures fournis par le capteur de pression PT2. Ainsi, comme illustré sur le graphe de la figure 2, la détection d'une fluctuation rapide de la pression détectée à l'instant $t=90s$ environ sur la courbe P0 est révélatrice de l'instant où l'opérateur a effectivement branché le connecteur de dégazage au réservoir embarqué. Si une telle fluctuation rapide de pression est détectée, on sait alors que l'on peut disposer de la mesure de la pression du réservoir embarqué pour ajuster la pression cible optimale au cours d'un plein. Cela permet avantageusement de confirmer le branchement du connecteur de dégazage au réservoir embarqué lors d'un cycle de plein sans nécessiter d'ajouter d'autres capteurs dédiés.
- [0125] Selon un autre mode de réalisation, les mesures de la pression dans le réservoir embarqué 40 pour la mise à jour de la valeur de pression cible optimale pour le réservoir de la station, peuvent être acquises par le capteur de pression PT10, disposé dans le conduit flexible destiné à être relié au réservoir embarqué 40, entre la vanne X21 et le pistolet 14 de distribution. Cette méthode de mesure de la pression du réservoir embarqué 40 peut avantageusement être utilisé si le connecteur de dégazage n'est pas branché. Cela implique toutefois que l'on ferme la vanne X21 pour pouvoir lire la pression sur le capteur PT10 et donc d'arrêter temporairement la distribution. Le branchement du pistolet 14 de distribution sur le raccord fluide 41 du réservoir embarqué lors d'un cycle de distribution peut être détecté à partir d'un suivi de la pression dans le conduit flexible destiné à être relié au réservoir embarqué 40. Ce suivi de pression peut être effectué à partir des mesures fournis par le capteur de pression PT10.

- [0126] Le principe décrit en référence à la détection du branchement du connecteur de dégazage, peut donc également être appliqué pour détecter et confirmer le branchement du pistolet 14 de distribution du GNL au raccord fluide 41 du réservoir embarqué 40 d'un véhicule, en mettant en œuvre un suivi de la pression dans le conduit flexible relié au pistolet. Cela évite d'avoir à rajouter un capteur dédié dans le pistolet pour permettre de confirmer la connexion.
- [0127] On évite ainsi le déclenchement prématuré d'opérations de distribution et/ou de dégazage par un simple suivi de l'évolution de la pression dans le conduit flexible correspondant, permettant de détecter la présence ou l'absence de connexion du conduit flexible avec le réservoir embarqué.
- [0128] Dans le cas où on ne peut pas disposer de la mesure de la pression dans le réservoir embarqué pendant le plein (par exemple parce que l'opérateur a omis de brancher le connecteur de dégazage et qu'on ne souhaite pas utiliser la méthode de mesure via le capteur PT10 dans le pistolet de distribution), la pression dans le réservoir embarqué devra être estimée pendant le plein, pour éventuellement permettre ajuster la pression cible optimale du réservoir stationnaire estimée avant le démarrage du plein, conformément aux principes déjà exposés pour l'estimation de cette pression avant le démarrage du plein.
- [0129] Comme décrit plus haut, la station comporte avantageusement un double circuit de réinjection 26, 27, permettant de réinjecter le gaz stocké dans le réservoir BO de boil-off, soit dans la phase gazeuse, soit dans la phase liquide du réservoir embarqué. cet agencement permet notamment une gestion améliorée des phases de dégazage du réservoir embarqué.
- [0130] En effet, pendant la distribution du GNL au réservoir embarqué 40, la vanne X6 reste fermée, mais la pression de vapeur y est mesurée en temps réel par le capteur PT2 et transmise à l'automate 11. Tant que la pression de vapeur mesurée est inférieure à un seuil haut prédéterminé (condition vérifiée par l'automate 11, qui reçoit du capteur PT2 la mesure de la pression de vapeur et est programmé pour comparer cette pression au seuil haut préalablement mémorisé), la vanne X6 de dégazage demeure fermée et la vanne V35 de distribution principale demeure ouverte. Le seuil haut est par ex. de 11 bars environ. Par contre, lorsque la pression de vapeur atteint le seuil haut, l'automate 11 commande l'interruption de la distribution par fermeture de la vanne V35 principale de distribution, et l'initiation d'une phase intermédiaire de dégazage par ouverture de la vanne X6 de dégazage pour diminuer la pression de vapeur dans le réservoir embarqué.
- [0131] Pour réaliser la phase de dégazage, selon un mode de réalisation, l'automate 11 peut commander l'ouverture de la vanne X15 de mise à l'air et la fermeture de la vanne B300 de dérivation et de la vanne B301 d'alimentation du réservoir BO de boil-off. La

vapeur (en grisé) de GN présente dans le réservoir 40 embarqué s'échappe alors à l'air libre jusqu'à retomber à une pression (mesurée par le capteur PT2 et prise en compte par l'automate 11) égale ou inférieure à un seuil bas, ce qui déclenche la fermeture par l'automate 11 de la vanne X6 de dégazage. Cette technique de dégazage n'est toutefois pas souhaitable car elle a pour inconvénient de rejeter du gaz naturel dans l'atmosphère.

- [0132] Aussi, selon un autre mode de réalisation préféré de l'invention, pour réaliser la phase de dégazage, l'automate 11 commande le maintien de la vanne X15 de mise à l'air à l'état fermé, le maintien de la vanne B300 de dérivation à l'état fermé, et l'ouverture de la vanne B301 d'alimentation du réservoir BO de boil-off. Le compresseur 21 est mis en route pour comprimer le gaz présent dans le réservoir BO de boil-off et le réinjecter, via le conduit 25 de réinjection, dans le réservoir stationnaire. Conformément à l'invention, l'automate 11 est adapté pour commander la réinjection de ce gaz, soit dans la phase gazeuse (en grisé) en partie haute du réservoir stationnaire 2, via le conduit de réinjection 26, soit dans la phase liquide (en pointillées) en partie basse du réservoir stationnaire, via le conduit de réinjection 27, par une commande appropriée des états d'ouverture et de fermeture des vannes correspondantes V24 et V22 montées dans ces conduits de réinjection.
- [0133] Comme expliqué précédemment, le gaz stocké dans le réservoir BO de boil-off peut également provenir du réservoir stationnaire 2 lui-même via le circuit 29, si la pression dans le réservoir stationnaire 2 doit être réduite.
- [0134] L'injection du gaz stocké dans le réservoir BO de boil-off dans la phase gazeuse du réservoir stationnaire aura comme conséquence d'augmenter la pression de vapeur dans le réservoir stationnaire, tandis que l'injection du gaz dans la phase liquide aura comme conséquence d'augmenter la température du GNL dans le réservoir.
- [0135] En fonction de la température du GNL et de la pression dans le réservoir stationnaire, l'automate 11 va déterminer si le dégazage récupéré dans le réservoir BO de boil-off doit être réinjecté en phase gazeuse ou en phase liquide dans le réservoir stationnaire 2, suivant que la réinjection en phase gazeuse ou en phase liquide aura comme effet de garder la pression de la station la plus proche de la pression cible optimale déterminée. Ainsi, le choix commandé par l'automate 11 de réinjecter le gaz issu du réservoir BO de boil-off soit en phase gazeuse, soit en phase liquide dans le réservoir stationnaire 2, dépend du résultat de l'une ou l'autre de cette action en faveur du rétablissement de l'équilibre de la pression de vapeur dans le réservoir stationnaire (mesurée systématiquement au moyen du capteur PT1) par rapport à la pression cible optimale $P_{objectif}$. Cet agencement permet donc de garder la pression dans le réservoir stationnaire toujours la plus proche possible de la pression cible optimale $P_{objectif}$.

Revendications

- [Revendication 1] Procédé de gestion d'une station (1) de distribution gravimétrique de gaz condensé à l'état liquide, ladite station comprenant un réservoir de stockage stationnaire (2), un circuit de distribution (8) raccordé au réservoir stationnaire et muni d'une vanne de distribution (X21) et d'un pistolet de distribution (14) pour le branchement à un réservoir embarqué (40) sur un véhicule, un circuit de dégazage (10) muni d'une vanne de dégazage (X6) et d'un connecteur de dégazage (20) pour le branchement au réservoir embarqué, le procédé comprenant une régulation de la pression de vapeur dans le réservoir stationnaire sur une pression cible, permettant de contrôler la pression de vapeur dans le réservoir stationnaire pour maintenir un différentiel de pression entre le réservoir stationnaire et le réservoir embarqué lors d'un cycle de distribution où le réservoir embarqué est connecté au circuit de distribution, de sorte que le gaz condensé à l'état liquide puisse s'écouler selon un débit d'écoulement gravitaire prédéterminé depuis le réservoir stationnaire vers le réservoir embarqué, ledit procédé étant caractérisé en ce qu'il comprend, avant le démarrage d'un cycle de distribution, des étapes de :
- estimation, sur la base de mesures de température le long du circuit de distribution (8), d'une première valeur de pression (P_{max}), correspondant à un maximum de pression qui sera atteint dans le réservoir embarqué (40) au cours d'une première phase d'augmentation de la pression du cycle de distribution après son démarrage ;
 - estimation, sur la base de la température du gaz condensé à l'état liquide livré dans le réservoir embarqué et de la composition du gaz condensé à l'état liquide, d'une seconde valeur de pression, correspondant à la pression de saturation atteinte dans le réservoir embarqué au cours d'une deuxième phase de stabilisation de la pression consécutive à la première phase du cycle de distribution ;
 - la pression cible du réservoir stationnaire étant calculée en permanence entre deux cycles de distribution successifs en fonction de l'estimation desdites première et seconde valeurs de pression.
- [Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on met à jour, pendant un cycle de distribution, la pression cible calculée avant le démarrage du cycle de distribution.
- [Revendication 3] Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'on acquiert des

- mesures de la pression dans le réservoir embarqué (40) pendant un cycle de distribution, on met à jour lesdites première et seconde valeurs de pression estimées avant le démarrage du cycle de distribution à partir des mesures de pression acquises et on met à jour la pression cible à partir desdites première et seconde valeurs de pression mises à jour.
- [Revendication 4] Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que la mise à jour desdites première et seconde valeurs de pression est conditionnée par la détection préalable du branchement du connecteur de dégazage (20) du circuit de dégazage et/ou du pistolet de distribution (14) au réservoir embarqué (40) lors du cycle de distribution.
- [Revendication 5] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte au moins une phase de dégazage pendant un cycle de distribution, dans laquelle on injecte de la vapeur issue du réservoir embarqué (40) dans un réservoir de boil-off (BO) de la station, la régulation de la pression du réservoir stationnaire (2) sur la pression cible comprenant la réinjection du gaz stocké dans le réservoir de boil-off (BO) soit dans la phase gazeuse du réservoir stationnaire, soit dans la phase condensée à l'état liquide du réservoir stationnaire, en fonction d'une estimation de la température du gaz à l'état liquide dans le réservoir stationnaire et de la pression de vapeur dans le réservoir stationnaire.
- [Revendication 6] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend la mesure de la pression de vapeur dans le réservoir stationnaire pendant un cycle de distribution et si la pression de vapeur atteint un seuil haut prédéterminé, il comprend une phase de dégazage du réservoir stationnaire dans laquelle on injecte de la vapeur issue du réservoir stationnaire (2) dans un réservoir de boil-off (BO) de la station.
- [Revendication 7] Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'il comprend la recondensation du gaz stocké dans le réservoir de boil-off au moyen d'un compresseur et la réinjection du gaz recondensé dans la phase liquide du réservoir stationnaire.
- [Revendication 8] Station (1) de distribution gravimétrique de gaz condensé à l'état liquide comprenant un réservoir de stockage stationnaire (2), un circuit de distribution (8) raccordé au réservoir stationnaire (2) et muni d'une vanne de distribution (X21) et d'un pistolet de distribution (14) pour le branchement à un réservoir embarqué (40) sur un véhicule, un circuit de dégazage (10) muni d'une vanne de dégazage (X6) et d'un connecteur

de dégazage (20) pour le branchement au réservoir embarqué (40), ledit circuit de dégazage (10) étant relié à un réservoir de boil-off (BO) de la station, cette station comprenant un automate (11) programmable relié aux vannes du circuit de distribution et du circuit de dégazage pour commander un cycle de distribution, cette station étant caractérisée en ce que ledit automate (11) programmable est adapté pour la mise en œuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes.

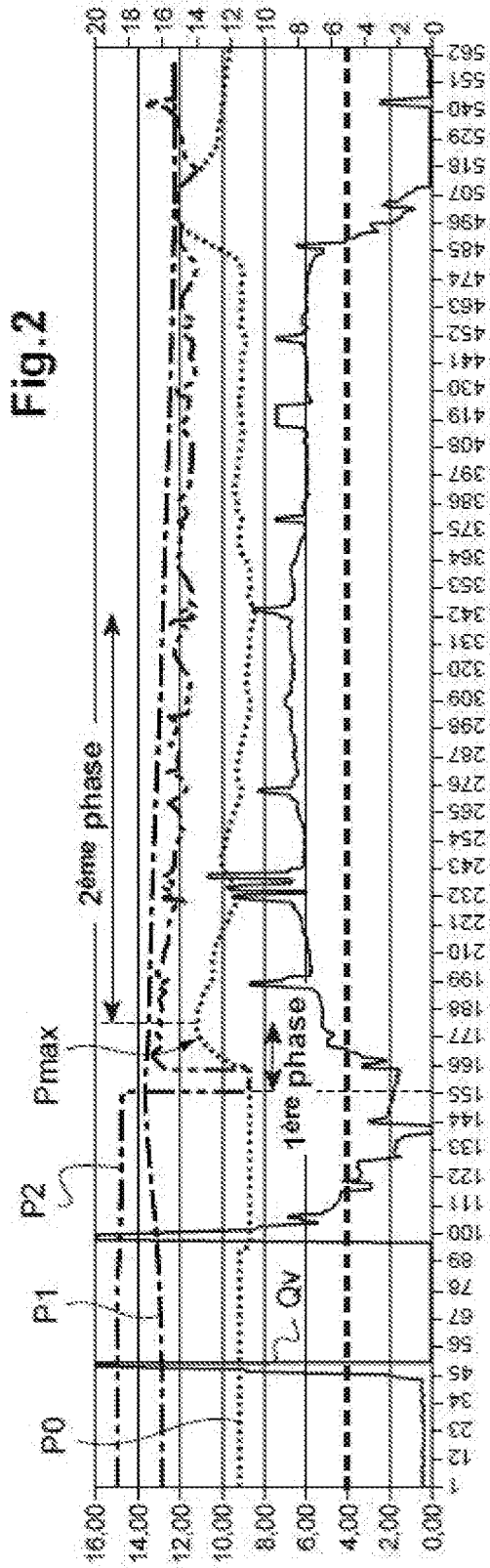
[Revendication 9]

Station selon la revendication 8, caractérisé en ce qu'il comprend un circuit additionnel (29) s'étendant entre le réservoir stationnaire (2) et le réservoir de boil-off (BO), ledit automate (11) étant relié à des vannes de ce circuit additionnel et étant adapté pour commander la dépressurisation de la phase gazeuse du réservoir stationnaire (2) à travers ce circuit additionnel (29) et la récupération du gaz issu du réservoir stationnaire dans le réservoir de boil-off (BO), de sorte à maintenir la pression du réservoir stationnaire à la pression cible.

[Revendication 10]

Station selon la revendication 8 ou 9, caractérisé en ce qu'il comprend un circuit de réinjection du gaz stocké dans le réservoir de boil-off (BO) dans le réservoir stationnaire (2), le circuit de réinjection comprenant un premier conduit de réinjection (26) s'étendant du réservoir de boil-off vers la partie haute du réservoir stationnaire, débouchant dans la phase gazeuse du réservoir stationnaire, et un second conduit de réinjection (27) s'étendant du réservoir de boil-off vers la partie basse du réservoir stationnaire, débouchant dans la phase liquide du réservoir stationnaire, ledit automate (11) programmable étant adapté à commander la réinjection du gaz stocké dans le réservoir de boil-off (BO) soit dans la phase liquide soit dans la phase gazeuse du réservoir stationnaire, en fonction de la température du gaz condensé à l'état liquide et de la pression dans le réservoir stationnaire, de sorte à maintenir la pression du réservoir stationnaire à la pression cible.

[Fig. 2]



RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

NEANT

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

EP 3 232 113 A1 (AXEGAZ [FR])
18 octobre 2017 (2017-10-18)

FR 3 041 624 A1 (AXEGAZ [FR])
31 mars 2017 (2017-03-31)

US 2009/107152 A1 (FISCHER GREGOR [DE] ET AL)
30 avril 2009 (2009-04-30)

US 9 181 077 B2 (LEE RON C [US]; JARRETT PAUL [GB]; FOSTER STEPHEN [AU]; LINDE AG [DE])
10 novembre 2015 (2015-11-10)

FR 3 041 951 A1 (CRYOSTAR SAS [FR])
7 avril 2017 (2017-04-07)

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT