

12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22) Date de dépôt : 13.04.16.

30) Priorité :

43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 31.03.17 Bulletin 17/13.

56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : Se reporter à la fin du présent fascicule

60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71) Demandeur(s) : AXEGAZ — FR.

72) Inventeur(s) : NICOL MICHEL.

73) Titulaire(s) : AXEGAZ.

74) Mandataire(s) : LOUIS PETIT.

54) PROCÉDE ET STATION AUTOMATISES DE DISTRIBUTION GRAVIMÉTRIQUE DE GAZ CONDENSÉ À L'ÉTAT LIQUIDE.

57) Procédé de distribution gravimétrique de gaz condensé à l'état liquide d'un réservoir (6) de stockage stationnaire à un réservoir (3) mobile embarqué sur un véhicule, ce procédé comprenant :

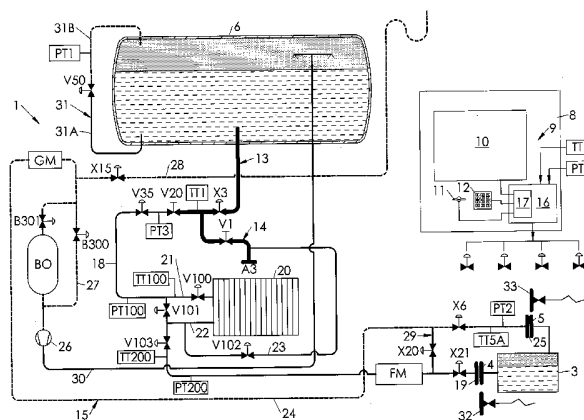
- la mesure de la pression de vapeur dans le réservoir (3) embarqué ;

- un cycle de distribution qui comprend, tant qu'aucun pic de pression n'est détecté dans la pression de vapeur, la répétition des phases suivantes :

○ si la pression de vapeur est inférieure à un seuil prédéterminé, distribution de gaz condensé à l'état liquide ;

○ si la pression de vapeur atteint le seuil, dégazage du réservoir (3) embarqué ;

- dès lors qu'est détecté un pic de pression dans la pression de vapeur, l'interruption du cycle de distribution.



Procédé et station automatisés de distribution gravimétrique de gaz condensé à l'état liquide

L'invention a trait à 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.

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.

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).

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.

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.

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.

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'œil 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 ».

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.

Mais les stations de distribution à pompe souffrent d'inconvénients majeurs que la Commission se garde de mentionner :

- 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.

Les stations de distribution sans pompe remédient à ce défaut en recourant à une distribution par gravimétrie (c'est-à-dire par équilibrage des pressions). Ainsi, le brevet américain US 9 181 077 (Linde Aktiengesellschaft) décrit 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.

Dans le brevet US 9 181 077, la distribution s'effectue au moyen d'une buse (CO1) qui assure également le retour des vapeurs, ou au moyen d'une paire de buses (CO1) et (CO2) dont l'une (CO1) assure l'alimentation en GNL et l'autre (CO2) assure le retour des vapeurs. La

station comprend un condenseur (C) à azote liquide, ayant pour fonction de refroidir un débitmètre (FE1) ainsi que les canalisations, et ce sans dégazage.

Avant de lancer la distribution, la vanne (V2) est maintenue fermée tandis que les vannes (V1) et (V3) sont ouvertes. Le GNL ne s'écoule pas car tous les composants sont à la même pression. La différence de pression est créée en injectant de l'azote liquide du réservoir (B) au condenseur (C) par la ligne (4) en ouvrant la vanne (V4). Il en résulte une condensation des vapeurs de GNL dans le condenseur et un écoulement du GNL depuis le réservoir (4), ce qui induit un refroidissement des canalisations et du débitmètre par écoulement dans la canalisation (1) et dans la vanne (V1).

La vapeur en excès dans le réservoir embarqué du camion peut être récupéré par dégazage. La vanne (V1) est maintenue fermée tandis que la vanne (V3) est ouverte. La vapeur est introduite dans le condenseur (C) et s'y condense, jusqu'à ce que la pression dans le réservoir embarqué atteigne une pression convenable.

Dès lors, la vanne (V3) est fermée et la distribution du GNL est effectuée. La vanne (V1) est ouverte et le GNL s'écoule au travers du débitmètre (FE1), et au travers de la vanne (V2) via la canalisation (7). A la fin de la distribution, la vanne (V1) est fermée.

Le brevet US 9 181 077 est cependant muet sur les conditions permettant de décréter la fin de la distribution.

En pratique, le bon déroulement de la distribution repose sur le tour de main du pompiste, qui joue savamment sur les vannes de distribution et de dégazage pour tantôt dégazer en interrompant la distribution, et tantôt interrompre le dégazage pour injecter à nouveau du GNL dans le réservoir, jusqu'à « sentir » que le réservoir est plein. On comprend donc que le bon fonctionnement de la station de distribution repose sur la disponibilité et la compétence d'une main d'œuvre qualifiée.

Mais le besoin existe d'automatiser des stations de distribution de GNL sans pompe, pour pouvoir équiper des territoires dans lesquels la main d'œuvre qualifiée n'est pas disponible ou dans lesquels l'exploitant ne souhaite pas y recourir.

A cet effet, il est proposé, en premier lieu, un procédé de distribution gravimétrique de gaz condensé à l'état liquide d'un

réservoir de stockage stationnaire surélevé d'une station de distribution à un réservoir mobile embarqué sur un véhicule, la station comprenant un circuit de distribution raccordé au réservoir stationnaire et muni d'une vanne de distribution et d'un pistolet de distribution pour le
5 branchement au réservoir embarqué, ainsi qu'un circuit de dégazage muni d'une vanne de dégazage et d'un connecteur de dégazage pour le branchement au réservoir embarqué, ce procédé comprenant le branchement du circuit de distribution et du circuit de dégazage sur le réservoir embarqué, ce procédé comprenant en outre :

- 10 – la mesure, sur le circuit de dégazage, de la pression, dite pression de vapeur, entre la vanne de dégazage et le raccord de dégazage, et la transmission de la pression mesurée à un automate équipant la station et commandant l'ouverture et la fermeture des vannes ;
- un cycle de distribution, commandé par l'automate, qui comprend,
15 tant qu'aucun pic de pression n'est détecté dans la pression de vapeur, la répétition des phases suivantes :
 - si la pression de vapeur est inférieure à un seuil prédéterminé, distribution par ouverture de la vanne de remplissage et fermeture de la vanne de dégazage ;
 - 20 ○ si la pression de vapeur atteint le seuil, dégazage par fermeture de la vanne de remplissage et ouverture de la vanne de dégazage ;
- dès lors qu'est détecté un pic de pression dans la pression de
25 vapeur, l'interruption du cycle de distribution par fermeture des vannes et la génération d'un signal de fin de distribution.

Ce procédé permet de distribuer efficacement, de manière automatisée et sans pompe, le gaz condensé à l'état liquide du réservoir stationnaire au réservoir embarqué.

Diverses caractéristiques supplémentaires peuvent être prévues,
30 seules ou en combinaison :

- l'interruption du cycle de distribution peut dépendre d'une condition
supplémentaire, à savoir la détection d'une chute de la
température de vapeur dans le réservoir embarqué, par ex. sous un
seuil de température prédéterminé, typiquement, dans le cas du
35 GNL, de -150°C ;

- l'interruption du cycle de distribution peut en outre être conditionnée par la détection d'une chute du débit dans le circuit de distribution ;
 - la phase de dégazage peut comprendre l'injection de la vapeur issue du réservoir embarqué dans un réservoir de boil-off ;
 - il peut être prévu la recondensation du gaz stocké dans le réservoir de boil-off au moyen d'un compresseur et la réinjection du gaz recondensé dans le réservoir stationnaire ;
 - il peut être prévu un conditionnement thermique du gaz condensé à l'état liquide par circulation de celui-ci dans un vaporisateur relié au circuit de distribution ;
 - il peut être prévu, après l'interruption du cycle de distribution, une vidange du circuit de distribution dans le circuit de dégazage et une vidange du circuit de dégazage à l'air.
- Il est proposé, en second lieu, une station de distribution gravimétrique de gaz condensé à l'état liquide, qui comprend :
- un réservoir de stockage stationnaire surélevé,
 - 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,
 - un circuit de dégazage muni d'une vanne de dégazage et d'un connecteur de dégazage pour le branchement au réservoir embarqué,
 - un capteur de pression monté sur le circuit de dégazage entre la vanne de dégazage et le raccord de dégazage ;
 - un automate programmable relié à la vanne de distribution, à la vanne de dégazage et au capteur de pression, et comprenant des instructions pour :
 - commander un cycle de distribution tant qu'aucun pic de pression n'est détecté dans la pression de vapeur, ce cycle de distribution comprenant la répétition des phases suivantes :
 - si la pression de vapeur est inférieure à un seuil prédéterminé, distribution par ouverture de la vanne de remplissage et fermeture de la vanne de dégazage ;

- si la pression de vapeur atteint le seuil, dégazage par fermeture de la vanne de remplissage et ouverture de la vanne de dégazage ;
- dès lors qu'est détecté un pic de pression dans la pression de vapeur, commander l'interruption du cycle de distribution par fermeture des vannes et générer un signal de fin de distribution.

Cette station peut comprendre, en outre, un capteur de température monté sur le circuit de dégazage entre la vanne de dégazage et le connecteur de dégazage, l'automate étant programmé pour interrompre le cycle de distribution si une chute de la température de vapeur est détectée au niveau du capteur de température.

D'autres objets et avantages de l'invention apparaîtront à la lumière de la description d'un mode de réalisation, faite ci-après en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la **FIG.1** est une vue en perspective montrant une station de distribution de GNL ;
- la **FIG.2** est une vue en perspective, en arraché partiel, montrant un réservoir embarqué en cours de remplissage ;
- la **FIG.3** est un schéma hydraulique simplifié de la station de distribution ;
- la **FIG.4** est un diagramme comprenant, dans la partie supérieure, un graphe de l'évolution des pressions, et de la masse du réservoir stationnaire au cours du temps pendant un cycle de distribution et, dans la partie inférieure, un chronogramme synchronisé au graphe et illustrant l'état des vannes principales de distribution et de dégazage.

Sur la **FIG.1** est représentée 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.

Comme on le voit sur la **FIG.1**, la station **1** est prévue pour assurer une distribution du GNL à un (ou plusieurs) véhicule(s) **2** équipé(s) d'un moteur à combustion fonctionnant au GNL.

Bien que, dans l'exemple illustré, un seul véhicule **2** (en 5 l'occurrence un poids lourd) soit représenté, la station **1** peut être conçue pour assurer une distribution simultanée à plusieurs véhicules.

Le véhicule **2** est équipé d'un réservoir **3** embarqué (et donc mobile) propre à stocker le GNL qui lui est distribué. Bien que cela n'apparaisse pas sur les dessins, on comprend que le véhicule **2** est en 10 outre équipé d'un circuit d'injection assurant la distribution du GNL depuis le (ou chaque) réservoir **3** vers le moteur.

Le (ou chaque) réservoir **3** est équipé d'un raccord **4** fluide par lequel le GNL est destiné à être injecté lors de la distribution, et d'un 15 raccord **5** pneumatique 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).

Le terme « gravimétrique » signifie que l'écoulement des fluides en phase liquide se fait par différence de pression (dans laquelle intervient la différence d'altitude), sans être forcé au moyen d'une pompe. En 20 d'autres termes, la station **1** est dépourvue de pompe pour la distribution du GNL.

La station **1** comprend un réservoir **6** stationnaire surélevé, c'est-à-dire placé au-dessus du sol, à une distance de celui-ci suffisante pour être toujours situé à une altitude supérieure à celle du réservoir **3** du 25 véhicule **2**, quel que soit le modèle de celui-ci. La plupart des poids lourds ayant leur réservoir **3** proche du sol, le réservoir **6** stationnaire peut sans risque être installé à une hauteur (mesurée à sa base) supérieure ou égale à 1,50 m.

Selon un mode de réalisation illustré sur la **FIG.1**, la station **1** 30 comprend une ossature **7** sur laquelle est monté le réservoir **6** stationnaire. Cette ossature **7** peut être de type mécanosoudé. L'ossature **7** forme, sous le réservoir **6**, un abri dans lequel peuvent être rassemblés certains équipements (notamment fluidiques) de la station **1**.

35 Comme on le voit également sur la **FIG.1**, la station **1** comprend une borne **8** pourvue d'une interface **9** homme-machine. L'interface **9** comprend un écran **10** d'affichage, qui peut être tactile. L'interface **9**

peut également comprendre un lecteur **11** de carte, associé à un clavier **12**. Dans l'exemple illustré, le clavier **12** se présente sous forme d'un module mécanique séparé, mais il pourrait être tactile et intégré à l'écran **10**.

5 La station **1** comprend par ailleurs :

- un circuit **13** fluide de distribution du GNL, incluant des canalisations tracées en trait plein sur la **FIG.3**,
- un circuit **14** de remplissage du réservoir **6** stationnaire, incluant une canalisation également tracée en trait plein sur la **FIG.3**,
- 10 - un circuit **15** de dégazage, incluant des canalisations tracées en pointillés sur la **FIG.3**, et
- un automate **16** programmable (c'est-à-dire une unité de contrôle informatisée), incluant un processeur **17** dans lequel est implémenté un programme de commande du circuit **13** fluide de distribution et du circuit **15** de dégazage et permettant de procéder de manière automatique à la distribution du GNL à la demande.

15 Selon un mode de réalisation illustré sur la **FIG.3**, le circuit **13** de distribution comprend :

- un conduit **18** principal de distribution qui s'étend du réservoir **6** stationnaire à un pistolet **19** de distribution du GNL muni de moyens de connexion rapide au raccord **4** fluide du réservoir **3** embarqué ;
- un vaporisateur **20** raccordé au conduit **18** principal par un conduit **21** aller et un conduit **22** retour ;
- 20 - un conduit **23** de réinjection qui relie le conduit **22** retour au conduit **14** de remplissage ;
- un débitmètre **FM** monté sur le conduit **18** principal en amont du pistolet **19** de distribution ;
- une vanne **X3** d'isolation, située sur le conduit **18** principal entre le
- 25 - un robinet **V20** de sécurité situé sur le conduit **18** principal en aval de l'embranchement du conduit **14** de remplissage ;
- une vanne **V35** principale de distribution du GNL, située sur le conduit **18** principal en aval du robinet **V20** de sécurité ;
- 30 - une vanne **V100** de dérivation située sur le conduit **21** aller du vaporisateur **20** ;

- une première vanne **V101** de blocage située sur le conduit **18** principal entre les embranchements du conduit **21** aller et du conduit **22** retour du vaporisateur **20** ;
- une vanne **V102** de réinjection située sur le conduit **23** de réinjection ;
- une deuxième vanne **V103** de blocage située sur le conduit **18** principal en aval de l'embranchement du conduit **22** retour du vaporisateur **20** ;
- une vanne **X21** d'arrêt, située à l'extrémité du conduit **18** principal de distribution entre le débitmètre **FM** et le pistolet **19** de distribution.

La portion du conduit **18** principal de distribution qui s'étend de la vanne **X21** d'arrêt au pistolet **19** de distribution se présente avantageusement sous forme d'un conduit flexible, comme illustré sur la **FIG.1** et sur la **FIG.2**.

Les vannes **X3**, **V35**, **V100**, **V101**, **V102**, **V103** et **X21** sont reliées à l'automate **16** qui en commande l'ouverture ou la fermeture selon le déroulement de son programme.

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.

Le robinet **V20** de sécurité est, quant à lui, à commande manuelle.

Comme illustré sur la **FIG.3**, le circuit **18** de distribution peut comprendre divers capteurs, notamment :

- un capteur **TT1** de température monté sur le conduit **18** principal entre l'embranchement du conduit **14** de remplissage et le robinet **V20** de sécurité ;
- un capteur **PT3** de pression monté sur le conduit **18** 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 **21** aller du vaporisateur **20** ;
- un capteur **TT100** de température monté sur le conduit **21** aller du vaporisateur **20** en amont de la vanne **V100** de dérivation ;

- un capteur **TT200** de température situé sur le conduit **18** principal de distribution en aval de la deuxième vanne **V103** de blocage ;
- un capteur **PT200** de pression situé sur le conduit **18** principal de distribution en aval de la deuxième vanne **V103** de blocage.

5 Les capteurs **TT100**, **TT200**, **PT100** et **PT200** sont reliés à l'automate **16** 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.

10 Le circuit **14** de remplissage comprend un conduit de remplissage qui s'étend d'une borne **A3** de connexion à un embranchement sur le conduit principal 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.

15 Selon un mode de réalisation également illustré sur la **FIG.3**, le circuit **16** de dégazage comprend :

- un conduit **24** principal de dégazage, qui s'étend depuis un connecteur **25** rapide de dégazage pour le branchement du conduit **24** principal sur le raccord **5** pneumatique du réservoir **3** embarqué, jusqu'à un compresseur **26** ;
- un réservoir **BO** d'évaporation tampon (également dénommé réservoir de boil-off) monté sur le conduit **24** principal de dégazage en amont du compresseur **26** ;
- un conduit **27** de dérivation court-circuitant le réservoir **BO** de boil-off ;
- un conduit **28** de mise à l'air branché sur le conduit **24** principal de dégazage en amont du réservoir **BO** de boil-off ;
- une vanne **X6** de dégazage située sur le conduit **24** principal de dégazage en aval et au voisinage du connecteur **25** ;
- une vanne **X15** de mise à l'air située sur le conduit **28** de mise à l'air ;
- un compteur **GM** de gaz situé sur le conduit **24** principal de dégazage en amont du réservoir **BO** de boil-off et de l'embranchement du conduit **28** de mise à l'air ;
- une vanne **B301** d'alimentation du réservoir de **BO** boil-off, située sur le conduit **24** principal de dégazage en amont du réservoir **BO**

de boil-off et en aval de l'embranchement du conduit **28** de mise à l'air ;

- une vanne **B300** de dérivation située sur le conduit **27** de dérivation.

5 Comme illustré sur la **FIG.3**, le circuit **16** de dégazage comprend un capteur **PT2** de pression et un capteur **TT5A** de température, montés sur le conduit **24** principal de dégazage entre la vanne **X6** de dégazage et le connecteur **25**.

10 La portion du conduit **24** principal de dégazage qui s'étend de la vanne **X6** de dégazage au connecteur **25** se présente avantageusement sous forme d'un conduit flexible, comme illustré sur la **FIG.2**.

15 Les vannes **X6**, **X15**, **B300** et **B301** sont reliées à l'automate **16** qui en commande l'ouverture ou la fermeture selon le déroulement de son programme. De même, le compresseur **26** est relié à l'automate **16** qui en commande la mise en route ou l'arrêt selon le déroulement de son programme.

20 Dans le circuit **16** 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 **16** de dégazage des vannes aptes à fonctionner jusqu'à la température du GNL (soit -161°C). Comme nous
25 le verrons ci-après, la vanne **X6**, en particulier, la plus proche du réservoir **3** embarqué à remplir, doit pouvoir fonctionner à cette température.

30 Les capteurs **TT5A** et **PT2** sont reliés à l'automate **16** 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.

35 Comme illustré sur la **FIG.3**, la station **1** comprend également un circuit **29** de recirculation, qui relie le circuit **13** de distribution, en aval du débitmètre **FM** et en amont de la vanne **X21** de distribution finale, au circuit **16** de dégazage en aval de la vanne **X6** de dégazage. Ce circuit **29** de recirculation comprend une vanne **X20** de recirculation, reliée à

l'automate **16** qui en commande l'ouverture ou la fermeture selon le déroulement de son programme.

La station **1** comprend en outre un conduit **30** de réinjection, qui s'étend du compresseur **26** au réservoir **6** stationnaire.

5 La station **1** comprend enfin un circuit **31** de pressurisation, qui relie la partie basse du réservoir **6** (où est en communication, par une section **31A** amont, avec le GNL) à sa partie haute (où il est en communication, par une section **31B** aval, avec la vapeur). Sur ce circuit **31** de pressurisation est montée, entre la section **31A** amont et
10 la section **31B** aval, une vanne **V50** de pressurisation reliée à l'automate **16** qui en commande l'ouverture et la fermeture.

Comme illustré sur la **FIG.3**, le circuit **31** de pressurisation est équipé d'un capteur **PT1** de pression, monté sur la section **31B** aval, entre la vanne **V50** et le branchement du circuit **31** sur la partie haute
15 du réservoir **6**. Le capteur **PT1** de pression est relié à l'automate qui en recueille les mesures.

L'automate **16** peut être délocalisé, c'est-à-dire installé sur un site distant, mais il peut également être installé in situ, en étant par ex. monté dans la borne **8**, comme illustré sur la **FIG.3**.

20 Le réservoir **6** stationnaire doit régulièrement être rempli. Ce remplissage est avantageusement effectué au moyen d'un camion-citerne équipé d'un réservoir de GNL de grande capacité et d'une pompe cryogénique embarquée.

Avant que le camion-citerne ne soit raccordé à la borne **A3** de
25 connexion, les robinets **V1** et **V20** et la vanne **V102** sont fermés.

Dès lors que le camion-citerne est raccordé à la borne **A3** de connexion, le robinet **V1** et la vanne **X3** sont ouverts, tandis que le robinet **V20** et la vanne **V102** demeurent fermés.

Le GNL du camion-citerne est injecté, au moyen de la pompe
30 équipant celui-ci, dans le réservoir **6** stationnaire. La vapeur (en grisé sur la **FIG.3**) surmontant le GNL (en pointillés sur la **FIG.3**) peut être dégazée avant ou pendant le remplissage du réservoir **6** au moyen d'un circuit de dégazage (non représenté).

Le réservoir **6** stationnaire peut être décrété rempli lorsque la
35 pression de vapeur, mesurée par le capteur **PT1**, y atteint une pression **Pt** de travail prédéterminée. Selon un mode préféré de réalisation, la pression **Pt** de travail est de 13 bars. On peut également équiper la

station **1** d'un système de pesée du réservoir **6**, qui mesure la masse cumulée de celui-ci et de son contenu, et qui, par simple soustraction, en déduit la masse du contenu. Dans ce cas, le réservoir **6** stationnaire peut être décrété rempli lorsque sa masse atteint un seuil
5 prédéterminé.

Une fois le remplissage du réservoir **6** stationnaire achevé, la vanne **V1** est fermée, puis la vanne **V20** ouverte, et le camion-citerne est débranché de la borne **A3** de connexion.

L'automate **16** est avantageusement programmé pour maintenir
10 dans le réservoir **6** stationnaire une pression de vapeur égale (ou supérieure) à la pression **Pt** de travail. A cet effet, la pression de vapeur dans le réservoir **6** est mesurée systématiquement (par ex. en temps réel ou à intervalles fixes) au moyen du capteur **PT1**, prise en compte par l'automate **16**, et comparée à la valeur de la pression **Pt** de
15 travail mémorisée. Tant que la pression de vapeur dans le réservoir **6** est égale ou supérieure à la pression **Pt** de travail, la vanne **V50** de pressurisation est maintenue fermée. En revanche, dès lors que la pression de vapeur dans le réservoir **6** stationnaire devient inférieure à la pression **Pt** de travail, la vanne **V50** de pressurisation est ouverte et
20 le GNL circule dans le circuit **31** de pressurisation. En se réchauffant, le GNL se vaporise et augmente ainsi la pression de vapeur du GN présent dans le réservoir **6**.

On décrit à présent le processus de distribution du GNL pour faire le plein du réservoir **3** embarqué d'un véhicule **2**.

25 Si cette distribution ne suit pas immédiatement une distribution précédente, il est nécessaire, avant de débiter la distribution, de procéder à une mise en froid du circuit **13** de distribution.

A cet effet, les vannes suivantes sont placées, sur commande de l'automate **16**, dans les états respectifs suivants (O signifiant ouvert et
30 F signifiant fermé) :

Vanne	Etat
X3	O
V35	O
V50	F
V100	F

V101	O
V102	F
V103	O
X20	O
X21	F
X6	F
X15	F
B300	F
B301	O

Le compresseur **26** est à l'arrêt.

L'ouverture de la vanne **X20**, qui met le circuit **13** de distribution en communication avec le circuit **16** de dégazage, lui-même en communication avec le réservoir **BO** de boil-off (à faible pression) via la vanne **B301**, provoque une chute de pression dans le circuit **13** de distribution. La différence de pression entre celui-ci et le réservoir **6** stationnaire provoque l'écoulement du GNL du réservoir **6** stationnaire vers le circuit **13** de distribution puis vers le circuit **16** de dégazage. L'automate **16** peut vérifier via le débitmètre **FM** que le GNL s'écoule effectivement dans le circuit **13** de distribution. Le GN du réservoir **BO** de boil-off est recomprimé à l'aide du compresseur **26** et réinjecté dans le réservoir **6** stationnaire.

Les états précités sont maintenus tant que la température mesurée par le capteur **TT200** et la pression mesurée par le capteur **PT200** (transmises à l'automate **16** et vérifiées par celui-ci) n'ont pas atteint des valeurs proches de celles du GNL présent dans le réservoir **6** stationnaire (à savoir, dans l'exemple précité, des valeurs proches de -161°C et 13 bars). Dès que ces valeurs sont atteintes, les vannes **X15**, **X20** et **B301** sont fermées sur commande de l'automate **16**, qui peut dès lors vérifier via le débitmètre **FM** que le GNL cesse effectivement de s'écouler dans le circuit **13** de distribution.

Tant qu'aucune distribution n'est initiée, le pistolet **19** de distribution et le connecteur **25** de dégazage demeurent accrochés à des emplacements **32**, **33** respectifs sur la borne **8** de la station **1**.

Pour autoriser la distribution, le pistolet **19** de distribution et le connecteur **25** de dégazage sont d'abord branchés respectivement sur

le raccord **4** fluide et sur le raccord **5** pneumatique du réservoir **6** embarqué. Comme illustré sur la **FIG.1**, ces branchements peuvent être réalisés manuellement par un opérateur **34** non qualifié, par ex. par le chauffeur du véhicule **2** (sur la **FIG.1**, on a illustré le chauffeur **34** du véhicule **2** s'apprêtant à brancher le pistolet **19** de distribution au raccord **4** fluide).

La distribution peut être conditionnée par une authentification préalable et, le cas échéant, un paiement correspondant à la quantité de GNL distribuée.

L'authentification est avantageusement réalisée sur l'interface **9** homme-machine de la borne **8**. Selon un mode particulier de réalisation, l'authentification est réalisée au moyen d'une carte à puce introduite dans le lecteur **11**, associée à un identifiant que l'utilisateur (en l'occurrence le chauffeur **34** du véhicule) saisit au clavier **12** ou à l'écran **10** si celui-ci est tactile.

L'automate **16** est connecté à un serveur d'authentification (qui peut être distant), dans lequel est mémorisé un profil utilisateur associé à la carte et à son identifiant et qui, interrogé par l'automate **16**, autorise (ou non) la distribution après vérification de la conformité de l'identifiant. La distribution peut générer une facturation. La facture peut être adressée par voie électronique au titulaire du profil utilisateur, ou imprimée directement par la borne **8** à l'attention du chauffeur **34**, qui peut ensuite la passer en comptabilité.

Une fois effectués les branchements, et autorisée la distribution, l'automate **16** initie un cycle de distribution, qui comprend plusieurs phases successives de distribution séparées par des phases intermédiaires de dégazage.

L'état initial des vannes, préalable au cycle de distribution, est le suivant :

30

Vanne	Etat
X3	O
V35	O
V100	F
V101	O
V102	F

16

V103	O
X20	F
X21	F
X6	F
X15	F
B300	F
B301	F

Pour initier le cycle de distribution, l'automate **16** commande tout d'abord (instant t_0) l'ouverture de la vanne **X6** de dégazage pour faire diminuer la pression de vapeur dans le réservoir **3** embarqué et ainsi
5 faciliter l'écoulement du GNL du réservoir **6** stationnaire au réservoir **3** embarqué, et l'ouverture de la vanne **X21** d'arrêt pour mettre en communication le réservoir **3** embarqué et le circuit **13** de distribution, ce qui fait momentanément chuter la pression dans celui-ci.

En même temps que (ou après) l'ouverture de la vanne **X6** de
10 dégazage, l'automate **16** commande l'ouverture de la vanne **B301** de remplissage du réservoir **BO** de boil-off. Le GN comprimé qui s'échappe du réservoir **3** embarqué est injecté dans le réservoir **BO** de boil-off où il est temporairement stocké.

Lorsque la pression de vapeur dans le réservoir embarqué, notée
15 P_v , mesurée par le capteur **PT2**, est inférieure à un seuil **P1** bas prédéterminé (condition vérifiée par l'automate **16**, qui reçoit du capteur **PT2** la mesure de la pression P_v de vapeur et est programmé pour comparer cette mesure au seuil **P1** bas préalablement mémorisé), l'automate **16** commande, à un instant t_1 , la fermeture de la vanne **X6**
20 de dégazage et l'ouverture de la vanne **V35** principale de distribution du GNL, l'état des autres vannes étant inchangé. Le seuil **P1** bas est par ex. de 2 bars environ.

Avec la fermeture de la vanne **X6** de dégazage et l'ouverture de la
25 vanne **V35** principale de distribution du GNL débute une première phase de remplissage.

Compte tenu de la différence de pression entre le réservoir **6** stationnaire et le réservoir **3** embarqué (lui-même à iso-pression avec le circuit de distribution en aval de la vanne **V35** principale de distribution), le GNL s'écoule du réservoir **6** stationnaire au réservoir **3**

embarqué via le circuit **13** de distribution, où la pression du GNL, mesurée par le capteur **PT200** et notée P_L , subit une brusque augmentation.

La vanne **X6** demeure fermée pendant la distribution du GNL au réservoir **3** embarqué, mais la pression P_V de vapeur est y mesurée en temps réel par le capteur **PT2** et transmise à l'automate **16**.

Tant que la pression P_V de vapeur mesurée est inférieure à un seuil **P2** haut prédéterminé (condition vérifiée par l'automate **16** qui reçoit du capteur **PT2** la mesure de la pression P_V de vapeur et est programmé pour comparer cette pression P_V au seuil **P2** bas préalablement mémorisé), la vanne **X6** de dégazage demeure fermée et la vanne **V35** de distribution principale demeure ouverte. Le seuil **P2** haut est par ex. de 11 bars environ.

On voit sur le graphe de la **FIG.4** que la masse (notée **M**) de GNL dans le réservoir **6** stationnaire diminue pendant la distribution, de la quantité injectée dans le réservoir **3** embarqué.

On voit également sur la **FIG.4** qu'après quelques instants la pression P_V de vapeur subit une augmentation (en raison de l'augmentation du niveau de GNL dans le réservoir **3** embarqué).

On voit enfin que, pendant la phase de distribution, la courbe de la pression P_V de vapeur subit une première augmentation assez brutale (d'environ 1,5 bar/s), jusqu'à une pression **Pi** intermédiaire (d'environ 9 bars en pratique), puis une augmentation plus douce (d'environ 0,2 à 0,5 bar/s) à partir de cette pression **Pi** intermédiaire.

Maintenir ouverte la vanne **V35** principale de distribution aboutirait à un équilibre prématuré des pressions entre le réservoir **6** stationnaire et le réservoir **3** embarqué, avant que celui-ci ne soit plein, en raison d'une pression de vapeur saturante trop élevée.

Aussi, lorsque la pression P_V de vapeur atteint le seuil **P2** haut, l'automate **16** commande, à un instant t_2 :

- l'interruption de la phase de 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 P_V de vapeur dans le réservoir **3** embarqué.

Selon un premier mode de réalisation, pour réaliser la phase de dégazage, l'automate **16** commande 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 **3** 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 **16**) égale ou inférieure au seuil **P1** bas, ce qui déclenche la fermeture par l'automate **16** de la vanne **X6** de dégazage.

Cette technique de dégazage est efficace mais a pour inconvénient de rejeter du gaz naturel dans l'atmosphère.

C'est pourquoi, selon un deuxième mode (préféré) de réalisation, pour réaliser la phase de dégazage, l'automate **16** 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 **26** est mis en route pour comprimer le gaz présent dans le réservoir **BO** de boil-off et le réinjecter, via le conduit **30** de réinjection, dans le réservoir **6** stationnaire.

En variante, typiquement en cas de saturation du réservoir de BO boil-off, pour réaliser la phase de dégazage, l'automate **16** commande la fermeture de la vanne **B301** d'alimentation et l'ouverture de la vanne **B300** de dérivation pour contourner le réservoir **BO** de boil-off et alimenter directement le compresseur **26** en gaz issu du dégazage du réservoir **3** embarqué.

La quantité de gaz évacuée du réservoir **3** embarqué peut être contrôlée par l'automate **16** via le compteur **GM** de gaz.

On note sur la **FIG.4** une diminution de la pression P_L de GNL pendant la phase de dégazage, en raison de la diminution concomitante de la pression P_v de vapeur.

On voit par ailleurs sur la **FIG.4** que, pendant la phase de dégazage, la masse **M** de GNL dans le réservoir **6** stationnaire demeure constante.

Dès que la pression P_v de vapeur dans le réservoir **3** embarqué retombe à une valeur égale ou inférieure au seuil **P1** bas, l'automate **16** commande la fermeture de la vanne **X6** de dégazage à un instant t_3 , ce qui interrompt la phase intermédiaire de dégazage.

Les phases de remplissage et de dégazage sont répétées tant qu'aucun pic de pression n'est détecté dans la pression P_v de vapeur.

Dans l'exemple illustré sur la **FIG.4**, une seconde phase de remplissage est initiée après la première phase de dégazage. Ainsi, l'instant t_3 marque à la fois l'interruption de la première phase de dégazage et l'initiation d'une seconde phase de remplissage, interrompue dans les mêmes conditions (décrites ci-dessus) que la première phase de remplissage, à un instant t_4 .

Pendant la seconde phase de remplissage, la masse **M** de GNL dans le réservoir **6** stationnaire diminue à nouveau de la quantité injectée dans le réservoir **3** embarqué.

10 Dans l'exemple illustré sur la **FIG.4**, dès lors que la pression P_V de vapeur atteint le seuil **P2** haut à l'instant t_4 , la seconde phase de remplissage est interrompue, et une seconde phase de dégazage est initiée par l'automate **16** qui commande la fermeture de la vanne **V35** principale de distribution et l'ouverture de la vanne **X6** de dégazage.

15 Cette seconde phase de dégazage se déroule de la même manière que la première : la pression P_V de vapeur chute dès l'ouverture de la vanne **X6** de dégazage. Il en va de même de la pression P_L . La fermeture de la vanne **V35** principale de distribution et l'ouverture de la vanne **X6** de dégazage sont maintenues tant que la pression P_V de vapeur est supérieure au seuil **P1** bas.

20 Dès lors que la pression P_V de vapeur atteint le seuil bas, à un instant t_5 , l'automate **16** interrompt la phase de dégazage et initie une nouvelle phase de remplissage en commandant la fermeture de la vanne **X6** de dégazage et l'ouverture de la vanne **V35** principale de distribution.

Le cycle de remplissage se poursuit tant qu'aucun pic de pression n'est détecté dans la pression P_V de vapeur.

Dans l'exemple illustré, qui ne saurait être considéré comme limitatif, la pression P_V de vapeur subit un pic lors de la troisième phase de remplissage.

30 Un pic de pression dans la pression P_V de vapeur se définit au moins par une augmentation de la pression P_V à une vitesse (mesurée par la dérivée de la courbe de pression) supérieure ou égale à une vitesse prédéterminée mémorisée par l'automate. Selon un mode particulier de réalisation, cette vitesse est de 1,75 bars/s.

Une condition supplémentaire peut être la valeur atteinte par la pression P_v de vapeur au pic de pression. Selon un mode particulier de réalisation, la pression P_v de vapeur atteint, voire dépasse, 12 bars.

La détection de ce pic de pression, à un instant t_6 , constitue un critère primaire de fin de distribution. Dès lors que ce critère primaire est satisfait, c'est-à-dire dès qu'est détecté le pic de pression, le réservoir **3** embarqué est décrété rempli.

L'automate **16** applique alors la procédure suivante.

Premièrement, il interrompt la phase de distribution et initie une phase finale de dégazage en commandant l'ouverture de la vanne **X6** de dégazage et la fermeture de la vanne **V35** principale de distribution.

Deuxièmement, après une courte durée, l'automate **16** rouvre à un instant t_7 la vanne **V35** principale de distribution et referme la vanne **X6** de dégazage pour saturer le réservoir **3** embarqué.

Troisièmement, après une temporisation, l'automate **16** referme la vanne **V35** principale de distribution à un instant t_8 qui marque la fin du cycle de distribution.

La vanne **V35** principale de distribution et la vanne **X6** de dégazage sont alors toutes deux fermées, et l'automate **16** génère un signal de fin de distribution.

Le signal de fin de distribution peut se traduire, notamment sur commande de l'automate **16**, par l'affichage sur l'interface **9** d'un message visuel et/ou la génération d'un message sonore incitant le chauffeur **33** à débrancher, d'une part, le pistolet **19** de distribution du connecteur **4** fluide et, d'autre part, le connecteur **25** du raccord **5** pneumatique.

Il a été observé que le pic de pression à l'instant t_6 est accompagné d'une chute de la température de vapeur dans le réservoir **3** embarqué, mesurée par le capteur **TT5A**. Plus précisément, lorsque le réservoir **3** embarqué est effectivement plein, la température de vapeur chute à une valeur proche de la température du GNL présent dans le réservoir (soit une valeur inférieure à -150°C).

Aussi, pour sécuriser le cycle de distribution, il est préférable d'appliquer un double contrôle en programmant l'automate **16** pour que, à l'instant t_6 , outre le pic de pression, il détecte une chute de la température au niveau du capteur **TT5A**, ce qui constitue un critère

secondaire de fin de distribution qui se cumule au critère primaire (existence d'un pic de pression).

En d'autres termes, le réservoir **3** embarqué est décrété rempli (entraînant l'interruption du cycle de distribution) si le pic de pression dans la pression P_v de vapeur est détecté et si, en outre, la chute de la température de vapeur sous un seuil prédéterminé (par ex. -150 °C) est détectée.

Par ailleurs, il a été constaté que le pic de pression à l'instant t_6 est accompagné d'une chute du débit dans le circuit **13** de distribution, détectée par le débitmètre **FM** et prise en compte par l'automate **16**.

Ainsi, on peut appliquer un double contrôle en programmant l'automate **16** pour que, à l'instant t_6 , outre le pic de pression, il détecte au niveau du débitmètre **FM** une chute du débit de GNL dans le circuit **13** de distribution, ce qui constitue un critère tertiaire de fin de distribution qui se cumule alors au critère primaire (existence d'un pic de pression) et, le cas échéant, au critère secondaire (existence d'une chute de la température).

Il est préférable, après l'achèvement de ce cycle de distribution, de vidanger le circuit **13** de distribution et le circuit **16** de dégazage, après une temporisation prédéterminée permettant à l'automate **16** de s'assurer qu'aucune nouvelle distribution n'est réclamée dans la foulée de la précédente.

Le circuit **13** de distribution peut être vidangé via le circuit **29** de recirculation et le **16** circuit de dégazage, par ouverture (commandée par l'automate **16**) de la vanne **X20** de recirculation.

Le GNL s'écoule par différence de pression vers le réservoir **BO** de boil-off, les vannes listées ci-dessous étant dans les états respectifs suivants :

Vanne	Etat
X6	F
X15	F
B300	F
B301	O

Le compresseur **26** est mis en route pour condenser le gaz naturel du réservoir **BO** de boil-off et le réinjecter, via le conduit **30** de réinjection, dans le réservoir **6** stationnaire.

Une fois vidangé le circuit **13** de distribution, le circuit **16** de
5 dégazage peut être vidangé à son tour.

A cet effet, les vannes listées ci-dessous sont placées dans les états respectifs suivants :

Vanne	Etat
X6	O
X15	F
B300	F
B301	O

10 La station **1** et le procédé de distribution qui viennent d'être décrit procurent 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
15 consommatrice d'électricité.

Ensuite, la distribution décrite 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 **13**, **16** de la station **1** sur le réservoir **3** du véhicule **2**.

20 Enfin, la distribution est particulièrement efficace grâce au contrôle, réalisé par l'automate **16**, de la pression P_v de vapeur dans le réservoir **3** embarqué et aux dégazages automatiques successifs commandés l'automate **16**, qui permettent, par réduction de la pression de vapeur saturante dans le réservoir **3**, d'augmenter le taux de
25 remplissage de celui-ci.

Il se peut qu'un conditionnement thermique du GNL soit nécessaire lorsque la différence de température entre le GNL issu du réservoir **6** stationnaire (froid, à -161°C) et celui présent dans le réservoir **3** embarqué (comparativement plus chaud) est trop importante. Comme il
30 est impossible de refroidir le GNL présent dans le réservoir **3** embarqué, c'est le GNL du circuit **13** de distribution qu'il convient de

réchauffer, ce qui est effectué par circulation du GNL dans le vaporisateur **20**, lequel assure un échange thermique avec l'atmosphère qui cède des calories au GNL.

La circulation du GNL dans le vaporisateur **20** est contrôlée par
5 l'automate **16**, qui place les vannes ci-dessous dans les états suivants :

Vanne	Etat
V100	O
V101	F
V102	F
V103	O

La température du GNL dans le circuit **13** de distribution est mesurée par les capteurs **TT100** et **TT200**, qui permettent à l'automate
10 **16** de vérifier une différence de température entre **TT100** (normalement à environ -161°C), et **TT200** (à une température supérieure en raison des calories acquises dans le vaporisateur **20**).

L'automate **16** peut ajuster la quantité de GNL circulant au travers du vaporisateur **20** pour que la température du GNL en aval de celui-ci
15 (mesurée par le capteur **TT200**) corresponde à une valeur prédéterminée.

REVENDICATIONS

1. Procédé de distribution gravimétrique de gaz condensé à l'état liquide d'un réservoir (6) de stockage stationnaire surélevé d'une station (1) de distribution à un réservoir (3) mobile embarqué sur un véhicule (2), la station (1) comprenant un circuit (13) de distribution raccordé au réservoir (6) stationnaire et muni d'une vanne (V35) de distribution et d'un pistolet (19) de distribution pour le branchement au réservoir (3) embarqué, ainsi qu'un circuit (16) de dégazage muni d'une vanne (X6) de dégazage et d'un connecteur (25) de dégazage pour le branchement au réservoir (3) embarqué, ce procédé comprenant le branchement du circuit (13) de distribution et du circuit (16) de dégazage sur le réservoir (3) embarqué, ce procédé étant caractérisé en ce qu'il comprend :
- 15 – la mesure, sur le circuit (16) de dégazage, de la pression (P_v), dite pression de vapeur, entre la vanne (X6) de dégazage et le raccord (25) de dégazage, et la transmission de la pression (P_v) mesurée à un automate (16) équipant la station (1) et commandant l'ouverture et la fermeture des vannes (X6, V35) ;
 - 20 – un cycle de distribution, commandé par l'automate (16), qui comprend, tant qu'aucun pic de pression n'est détecté dans la pression (P_v) de vapeur, la répétition des phases suivantes :
 - 25 ○ si la pression (P_v) de vapeur est inférieure à un seuil (P2) prédéterminé, distribution par ouverture de la vanne (V35) de distribution et fermeture de la vanne (X6) de dégazage ;
 - si la pression (P_v) de vapeur atteint le seuil (P2), dégazage par fermeture de la vanne (V35) de distribution et ouverture de la vanne (X6) de dégazage ;
 - dès lors qu'est détecté un pic de pression dans la pression (P_v) de vapeur, l'interruption du cycle de distribution par fermeture des vannes (V35, X6) et la génération d'un signal de fin de distribution.
- 30
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel l'interruption du cycle de distribution est en outre conditionnée par la détection d'une chute de la température de vapeur dans le réservoir (3) embarqué.

3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel l'interruption du cycle de distribution est conditionnée par la détection d'une chute de la température de vapeur sous un seuil de température prédéterminé.

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que, le gaz condensé à l'état liquide étant du gaz naturel liquéfié, le seuil de température prédéterminé est de -150 °C.

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'interruption du cycle de distribution est en outre conditionnée par la détection d'une chute du débit dans le circuit (**13**) de distribution.

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la phase de dégazage comprend l'injection de la vapeur issue du réservoir (**3**) embarqué dans un réservoir (**BO**) de boil-off.

7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'il comprend la recondensation du gaz stocké dans le réservoir (**BO**) de boil-off au moyen d'un compresseur (**26**) et la réinjection du gaz recondensé dans le réservoir (**6**) stationnaire.

8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend un conditionnement thermique du gaz condensé à l'état liquide par circulation de celui-ci dans un vaporisateur (**20**) relié au circuit (**13**) de distribution.

9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend, après l'interruption du cycle de distribution, une vidange du circuit (**13**) de distribution dans le circuit (**16**) de dégazage et une vidange du circuit (**16**) de dégazage à l'air.

10. Station (**1**) de distribution gravimétrique de gaz condensé à l'état liquide, qui comprend :

- un réservoir (**6**) de stockage stationnaire surélevé,
- un circuit (**13**) de remplissage raccordé au réservoir (**6**) stationnaire et muni d'une vanne (**V35**) de distribution et d'un pistolet (**19**) de distribution pour le branchement à un réservoir (**3**) embarqué,
- un circuit (**16**) de dégazage muni d'une vanne (**X6**) de dégazage et d'un connecteur (**25**) de dégazage pour le branchement au réservoir (**3**) embarqué,

cette station (**1**) étant caractérisée en ce qu'elle comprend en outre :

- un capteur (**PT2**) de pression monté sur le circuit (**16**) de dégazage entre la vanne (**X6**) de dégazage et le raccord (**25**) de dégazage ;
 - un automate (**16**) programmable relié à la vanne (**V35**) de distribution, à la vanne (**X6**) de dégazage et au capteur (**PT2**) de pression, et comprenant des instructions pour :
 - 5 - commander un cycle de distribution tant qu'aucun pic de pression n'est détecté dans la pression (**P_v**) de vapeur par le capteur (**PT2**) de pression, ce cycle de distribution comprenant la répétition des phases suivantes :
 - 10 o si la pression (**P_v**) de vapeur est inférieure à un seuil (**P2**) prédéterminé, distribution par ouverture de la vanne (**V35**) de distribution et fermeture de la vanne (**X6**) de dégazage ;
 - 15 o si la pression (**P_v**) de vapeur atteint le seuil (**P2**), dégazage par fermeture de la vanne (**V35**) de distribution et ouverture de la vanne (**X6**) de dégazage ;
 - dès lors qu'est détecté un pic de pression dans la pression (**P_v**) de vapeur, interrompre le cycle de distribution par fermeture des vannes (**V35, X6**) et générer un signal de fin de distribution.
 - 20
11. Station (**1**) de distribution selon la revendication 10, caractérisée en ce qu'elle comprend en outre un capteur (**TT5A**) de température monté sur le circuit (**16**) de dégazage entre la vanne (**X6**) de dégazage et le connecteur (**25**) de dégazage, et en ce que
- 25 l'automate (**16**) est programmé pour interrompre le cycle de distribution si une chute de la température de vapeur est détectée au niveau du capteur (**TT5A**) de température.

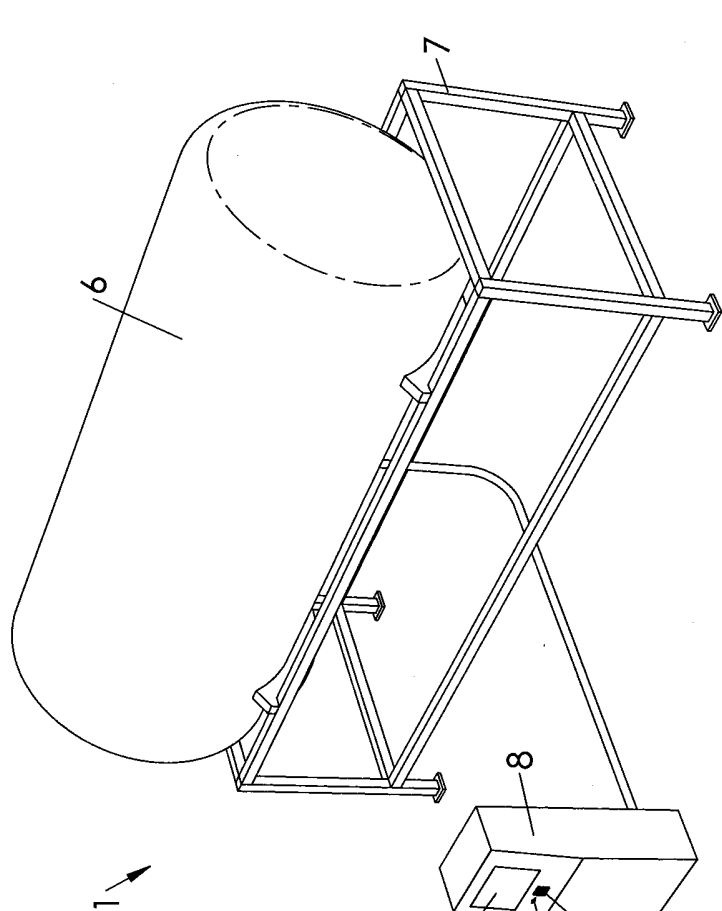


FIG. 1

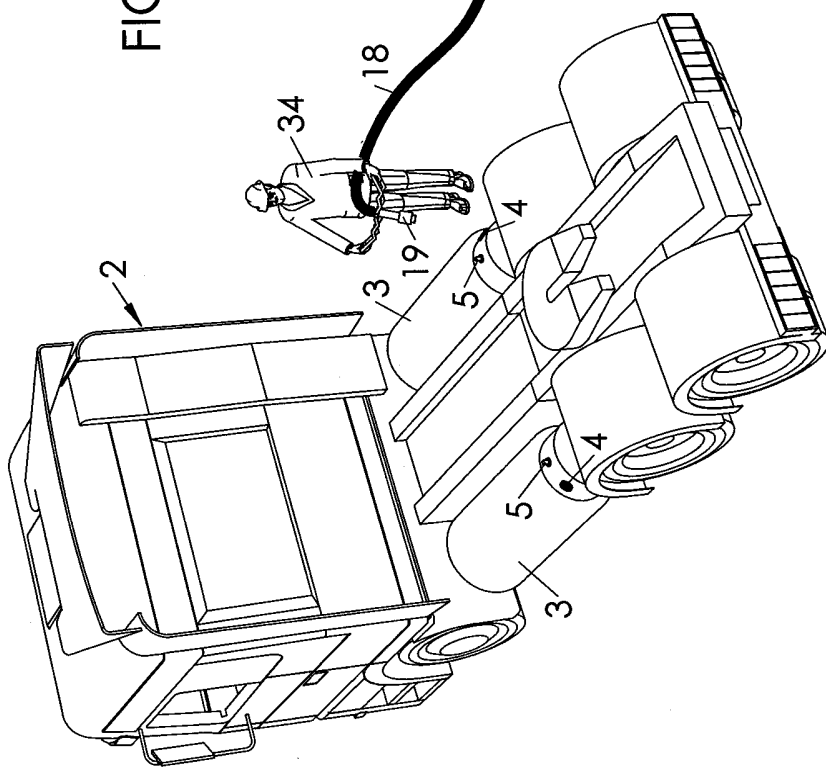
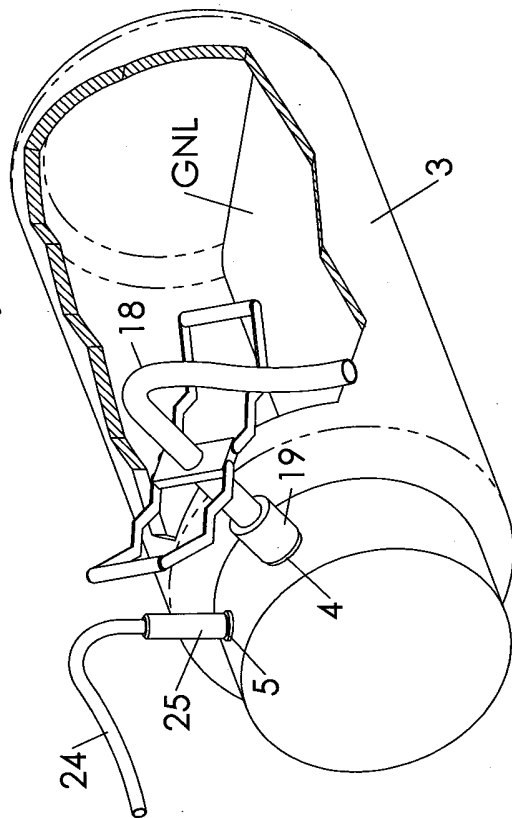
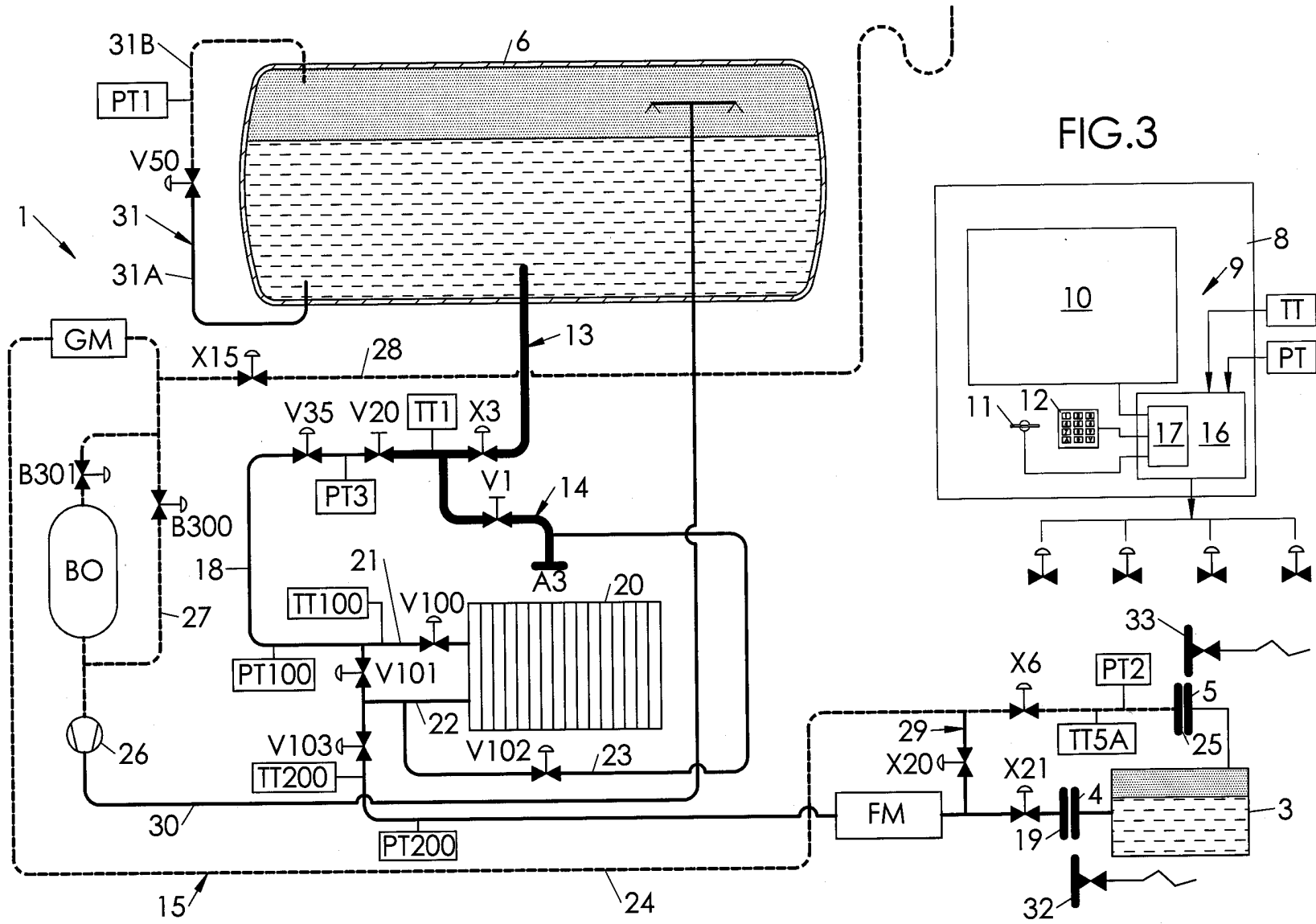
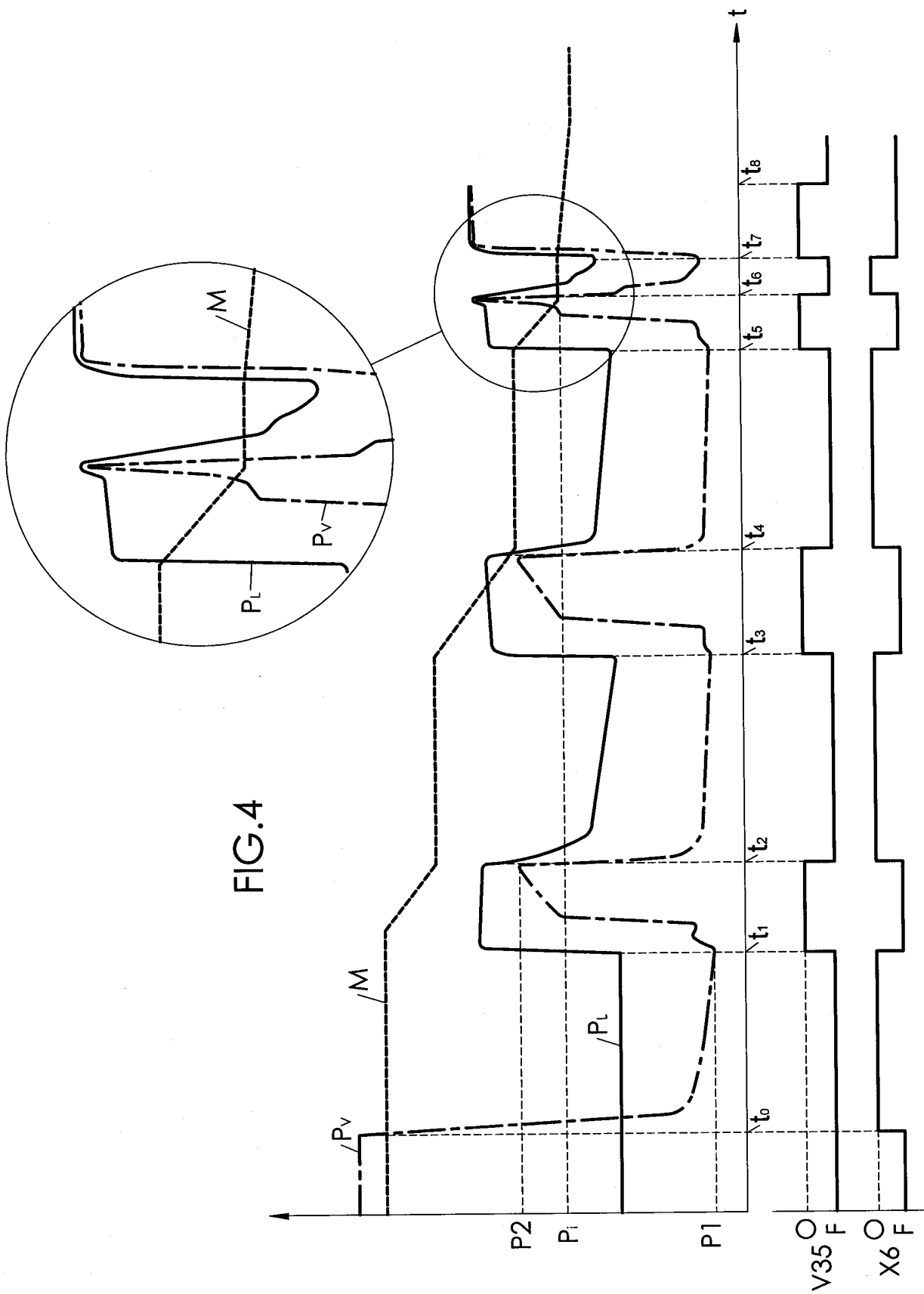


FIG. 2








**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

 établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche
N° d'enregistrement
nationalFA 826228
FR 1670171

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	FR 2 942 293 A1 (AIR LIQUIDE [FR]) 20 août 2010 (2010-08-20) * figure 2 * * page 1, lignes 5, 23-28 * * page 2, lignes 6-18 * * page 3, alinéa 11-15 * * page 4, lignes 5-21 * * page 5, lignes 11-14 * * page 6, lignes 20-24 * * page 7, ligne 5 * * page 10, ligne 30 - page 12, ligne 15 * * page 14, lignes 14-29 * -----	1-11	B67D7/04 F17C5/02 B60S5/02
A	DE 10 2006 031000 A1 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]) 17 janvier 2008 (2008-01-17) * figure 2 * * alinéas [0002], [0004], [0006], [0009], [0012], [0016], [0029] - [0032] * -----	1-11	
A,D	US 9 181 077 B2 (LEE RON C [US] ET AL) 10 novembre 2015 (2015-11-10) * le document en entier * -----	1-11	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) F17C
A	FR 2 857 432 A1 (AIR LIQUIDE [FR]) 14 janvier 2005 (2005-01-14) * page 2, ligne 15 - page 3, ligne 3 * -----	1-11	
A	FR 3 017 184 A1 (CRYOSTAR SAS [FR]) 7 août 2015 (2015-08-07) * page 5, ligne 11 - page 7, ligne 31 * ----- -/--	1-11	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
10 octobre 2016		Ott, Thomas	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

3

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 826228
FR 1670171

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	EP 0 595 656 A1 (GILBARCO INC [US]) 4 mai 1994 (1994-05-04) * colonne 1, ligne 8 * * colonne 4, ligne 4 - colonne 5, ligne 32 * * colonne 8, lignes 12-52 * -----	1-11	
A	US 2015/226378 A1 (TAKASE SHIGEHISA [JP] ET AL) 13 août 2015 (2015-08-13) * alinéas [0001], [0002], [0006], [0007], [0009], [0011], [0029], [0033], [0035] * -----	1-11	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
		10 octobre 2016	Ott, Thomas
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1670171 FA 826228**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 10-10-2016

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2942293 A1	20-08-2010	AU 2010215370 A1	08-09-2011
		BR PI1008293 A2	15-03-2016
		CA 2751136 A1	26-08-2010
		CN 102326018 A	18-01-2012
		EA 201171069 A1	28-02-2012
		EP 2399060 A1	28-12-2011
		FR 2942293 A1	20-08-2010
		JP 2012518143 A	09-08-2012
		US 2011297273 A1	08-12-2011
		WO 2010094876 A1	26-08-2010
		ZA 201105723 B	25-04-2012
DE 102006031000 A1	17-01-2008	DE 102006031000 A1	17-01-2008
		EP 2035739 A1	18-03-2009
		US 2009107152 A1	30-04-2009
		WO 2008003616 A1	10-01-2008
US 9181077 B2	10-11-2015	AU 2014200371 A1	07-08-2014
		EP 2757304 A2	23-07-2014
		NZ 620229 A	31-07-2015
		US 2014202583 A1	24-07-2014
FR 2857432 A1	14-01-2005	EP 1646823 A1	19-04-2006
		FR 2857432 A1	14-01-2005
		US 2006130925 A1	22-06-2006
		WO 2005008121 A1	27-01-2005
FR 3017184 A1	07-08-2015	FR 3017184 A1	07-08-2015
		WO 2015114283 A2	06-08-2015
EP 0595656 A1	04-05-1994	AT 152080 T	15-05-1997
		AU 664490 B2	16-11-1995
		DE 69310089 D1	28-05-1997
		DE 69310089 T2	31-07-1997
		DK 0595656 T3	13-10-1997
		EP 0595656 A1	04-05-1994
		ES 2100476 T3	16-06-1997
		GR 3024146 T3	31-10-1997
		NO 933891 A	02-05-1994
		NZ 250086 A	26-10-1994
		US 5345979 A	13-09-1994
US 2015226378 A1	13-08-2015	CN 104736916 A	24-06-2015
		EP 2894388 A1	15-07-2015
		JP 5982233 B2	31-08-2016
		JP 2014052049 A	20-03-2014

EPO FORM P0465

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1670171 FA 826228**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 10-10-2016

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
		US 2015226378 A1	13-08-2015
		WO 2014038458 A1	13-03-2014
