

DISPOSITIF DE PRODUCTION ET DE DISTRIBUTION D'AZOTE, EN PARTICULIER POUR UN NAVIRE DE TRANSPORT DE GAZ LIQUEFIE

DOMAINE TECHNIQUE

5 L'invention concerne un dispositif et un procédé de production et de distribution d'azote, en particulier pour un navire de transport de gaz liquéfié.

ETAT DE L'ART

Un navire de transport de gaz liquéfié, tel que du gaz naturel liquéfié, est en général équipé d'un dispositif de production et de distribution d'azote, cet
10 azote pouvant être utilisé par plusieurs consommateurs.

Dans la présente demande, on entend par « consommateur », en particulier d'azote, un système utilisant de l'azote pour fonctionner ou un système destiné à être alimenté en azote.

Un navire de transport est par exemple équipé de trois types de
15 consommateur d'azote.

Un premier type (type I) de consommateur d'azote comprend des moyens d'alimentation en azote de joints d'étanchéité, par exemple de paliers de compresseurs du navire. Des compresseurs du navire, par exemple pour pomper du gaz d'évaporation, sont équipés de paliers lisses de guidage de
20 pièces tournantes. Ces paliers sont logés dans des enceintes dont des joints d'étanchéité du type à labyrinthe sont alimentés en azote pour éviter que de l'air extérieur pollue l'enceinte et perturbe le fonctionnement des paliers.

Un second type (type II) de consommateur d'azote comprend des moyens de purge de lignes de circulation de fluide, telles qu'une ligne de
25 circulation de gaz liquéfié du navire. Pour nettoyer une telle ligne et éviter que du gaz liquéfié reste dans celle-ci, il est connu de purger la ligne avec de l'azote.

Un troisième type (type III) de consommateur d'azote comprend des moyens d'alimentation en azote d'espaces d'isolation, par exemple de cuves de
30 stockage de gaz liquéfié du navire. De telles cuves sont en effet équipées de double paroi qui définisse un espace d'isolation qui est alimenté en azote.

Le besoin en azote est différent selon le type de consommateur. Un consommateur de type I est alimenté en azote en continu avec un débit en général compris entre 25 et 70 Nm³/h, et une pression relativement importante de l'ordre de 5 barg. L'alimentation en continu est dû au fait que les joints
5 doivent être alimentés en azote en continu.

Un consommateur type II est alimenté en azote avec un débit qui peut être important mais qui est en général ponctuel, à une pression relativement importante de l'ordre de 5 barg.

Un consommateur type III est alimenté en azote avec un débit
10 important en général compris entre 100 et 200 Nm³/h, et à une pression relativement faible de l'ordre de quelques mbarg. L'alimentation a lieu sur des périodes courtes et peu fréquentes, notamment lors des opérations de mise en froid des cuves qui précèdent leur chargement en gaz liquéfié.

Dans la technique actuelle, un dispositif de production et de génération
15 d'azote comprend deux générateurs d'azote comportant chacun une entrée d'air et une sortie d'azote, un réservoir tampon de stockage d'azote, et des moyens de distribution d'azote destinés à alimenter en azote des consommateurs.

Les générateurs sont disposés en parallèle et sont configurés pour
20 fonctionner en mode tout ou rien (aussi appelé « start&stop »). Ils sont au nombre de deux, un générateur principal et un générateur relai, pour assurer une redondance et garantir le remplissage en azote du réservoir tampon lors des fortes demandes en azote des consommateurs. Les générateurs sont surdimensionnés, c'est-à-dire qu'ils sont configurés pour être chacun apte à
25 fournir un débit d'azote suffisant pour alimenter le plus important consommateur d'azote, en terme de débit, c'est-à-dire le consommateur de type III.

Le réservoir tampon est destiné à stocker l'azote produit et à le délivrer aux consommateurs en fonction des besoins. Les générateurs sont en général commandés pour que la pression en azote dans le réservoir tampon atteigne
30 une valeur maximale. Lorsque de l'azote est consommé et que la pression d'azote dans le réservoir tampon diminue, au moins un des générateurs est

commandé pour produire de l'azote et augmenter la pression dans le réservoir tampon jusqu'à la valeur maximale de pression.

Cependant, cette technologie présente des inconvénients.

Le profil de consommation du consommateur de type I est stable et
5 constant, comme vu dans ce qui précède, et n'est pas en adéquation avec le fonctionnement cyclique du réservoir tampon et des générateurs d'azote.

Ce fonctionnement impose aux générateurs de très nombreux cycles de fonctionnement « start&stop » (environ 2000 par an pour un navire), ce qui réduit la durée de vie des générateurs et impose des opérations fréquentes de
10 maintenance.

La présente invention propose un perfectionnement à la technique actuelle, qui est simple, efficace et économique.

EXPOSE DE L'INVENTION

Selon un premier aspect, l'invention propose un dispositif de production
15 et de distribution d'azote, en particulier pour un navire de transport de gaz liquéfié, comportant :

- des générateurs d'azote comportant chacun une entrée d'air et une sortie d'azote,
- un réservoir tampon de stockage d'azote, et
- 20 - des moyens de distribution d'azote destinés à alimenter en azote au moins deux consommateurs distincts,

caractérisé en ce qu'il comprend :

- des premiers moyens de distribution d'azote sortant dudit réservoir tampon pour l'alimentation d'au moins un desdits consommateurs, et
- 25 - des seconds moyens de distribution d'azote sortant d'au moins un desdits générateurs, sans passer par ledit réservoir tampon, pour l'alimentation d'au moins un autre desdits consommateurs.

L'invention propose ainsi que de l'azote produit par un ou des générateurs parvienne directement aux seconds moyens de distribution, sans
30 passer par le réservoir. Les premiers moyens de distribution sont quant à eux alimentés en azote par le réservoir. On a donc deux façons d'alimenter les moyens de distribution, avec ou sans le réservoir tampon. Ce réservoir est ainsi

utilisé différemment par rapport à la technique antérieure. Les générateurs ne sont pas forcément surdimensionnés, au contraire, et peuvent être moins souvent sollicités, ce qui réduit le nombre de cycles « start&stop » et augmente leur durée de vie.

5 Dans la présente demande, on entend par « azote », de l'air enrichi en azote. L'air atmosphérique comprend, au niveau de la mer, près de 78% (en volume) d'azote, 21% (en volume) d'oxygène et des traces d'autres gaz. Dans la présente demande, de l'« azote » signifie donc de l'air comportant plus de 78% en volume d'azote, et par exemple plus de 80 voire 90% en volume. Ce
10 taux est de préférence d'au moins 97%.

Dans la présente demande, « des » générateurs comprennent au moins deux et par exemple trois générateurs. Au moins certains des générateurs peuvent avoir des éléments en commun, tels qu'un séparateur et/ou un réchauffeur.

15 Le dispositif selon l'invention peut comprendre une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément les unes des autres ou en combinaison les unes avec les autres :

- lesdits seconds moyens de distribution d'azote sont reliées directement auxdites sorties d'au moins un desdits générateurs ; dans la présente
20 demande, on entend par liaison « directe », une liaison uniquement par l'intermédiaire d'une conduite éventuellement équipée d'une vanne,
- lesdites sorties desdits générateurs sont reliées ensemble par un collecteur comportant une première sortie reliée à une entrée dudit réservoir tampon, et une seconde sortie reliée auxdits seconds moyens de distribution,
- 25 - ladite sortie d'au moins un desdits générateurs est reliée à une entrée dudit réservoir tampon, et ladite sortie d'au moins un autre desdits générateurs est reliée auxdits seconds moyens de distribution ; dans ce cas, il n'y a pas de communication fluide entre les sorties de tous les générateurs,
- lesdits premiers moyens de distribution sont reliés auxdits seconds moyens de
30 distribution, de façon à ce que de l'azote stocké dans ledit réservoir tampon puisse alimenter ledit au moins un autre desdits consommateur,

- ladite sortie d'au moins un desdits générateurs est reliée à une entrée dudit réservoir tampon par une vanne,
- ladite vanne est configurée pour être toujours passante, et avoir un débit variable commandé en fonction d'une pression P1 à l'intérieur dudit réservoir tampon, et/ou d'une pression P2 en sortie d'au moins un desdits générateurs, et/ou d'une pression P3 d'alimentation desdits premiers et/ou seconds moyens de distribution,
- au moins certaines desdites entrées desdits générateurs sont raccordées ensemble et à un port unique d'alimentation en air, et/ou au moins certaines desdites sorties desdits générateurs sont raccordées ensemble et à un port unique de sortie d'azote,
- lesdits consommateurs comprennent des moyens d'alimentation en azote de joints d'étanchéité, en particulier de compresseurs dudit navire, des moyens d'alimentation d'espaces d'isolation, en particulier de cuves dudit navire, et des moyens de purge, en particulier de lignes d'alimentation dudit navire,
- lesdits générateurs sont configurés pour fonctionner en mode tout ou rien, et
- lesdits générateurs sont identiques et dimensionnés de façon à être chacun apte à alimenter seul un desdits consommateurs dont la consommation en termes de débit est destinée à être stable et continu.

La présente invention concerne également un procédé de production et de distribution d'azote au moyen d'un dispositif tel que décrit ci-dessus, comportant les étapes de :

- a) production d'azote par lesdits générateurs, et
- b) distribution d'azote à un des consommateurs, sans passer par le réservoir tampon.

Le procédé selon l'invention peut comprendre une ou plusieurs des caractéristiques ou étapes suivantes, prises isolément les unes des autres ou en combinaison les unes avec les autres :

- le réservoir tampon est alimenté en azote lors des étapes a) et b),
- le réservoir tampon est alimenté en azote à travers une vanne dont le débit est régulé en fonction d'une pression P1 à l'intérieur dudit réservoir tampon, et/ou d'une pression P2 en sortie d'au moins un desdits générateurs, et/ou d'une

pression P3 d'alimentation desdits premiers et/ou seconds moyens de distribution,

- la pression dans ledit réservoir tampon diminue lors des étapes a) et b).

5 Selon un second aspect, l'invention propose un dispositif de production et de distribution d'azote, en particulier pour un navire de transport de gaz liquéfié, comportant :

- des générateurs d'azote comportant chacun une entrée d'air et une sortie d'azote,
- 10 - un réservoir tampon de stockage d'azote, et
- des moyens de distribution d'azote destinés à alimenter en azote au moins deux consommateurs distincts,

caractérisé en ce qu'il comprend au moins une ligne de recirculation d'azote dont une entrée est reliée à une sortie d'azote dudit réservoir tampon, et dont
15 une sortie est reliée à ladite entrée d'au moins un desdits générateurs.

La recirculation d'azote présente plusieurs avantages. Elle permet d'une part de ne pas gaspiller l'azote produit en excès, qui est donc réutilisé. Elle permet en outre d'optimiser le rendement de production d'azote en augmentant le niveau d'enrichissement en azote du gaz produit. En effet, les
20 entrées d'air des générateurs reçoivent, en plus de l'air ambiant, de l'air déjà chargé en azote. La recirculation permet en outre de ne pas arrêter un générateur, et donc de limiter le nombre de cycles « start&stop », si le débit d'azote produit par ce générateur n'est pas très excessif. Autrement dit, on peut préférer faire fonctionner un générateur pour produire de l'azote et répondre à
25 un besoin d'un consommateur, tout en produisant un excédent d'azote avec ce même générateur qui sera recirculé et donc recyclé, plutôt que d'arrêter ce générateur et alimenter le consommateur par de l'azote stocké dans le réservoir par exemple.

Le dispositif selon l'invention peut comprendre une ou plusieurs des
30 caractéristiques suivantes, prises isolément les unes des autres ou en combinaison les unes avec les autres :

- le dispositif est configuré pour faire recirculer de l'azote stocké dans le réservoir tampon, lorsque la pression dans ce dernier dépasse un certain seuil,
- ladite ligne de recirculation comprend au moins une première vanne configurée pour avoir un débit variable commandé en fonction d'une pression
- 5 P1 à l'intérieur dudit réservoir tampon,
- ladite ligne de recirculation comprend au moins une vanne anti-retour,
- ladite ligne de recirculation comprend au moins un débitmètre,
- le dispositif comprend un système de commande configuré pour recevoir des informations dudit débitmètre et d'un capteur de pression dudit réservoir
- 10 tampon, et pour commander en conséquence ladite première vanne ainsi que lesdits générateurs,
- ladite sortie d'au moins un desdits générateurs est reliée à une entrée dudit réservoir tampon par une vanne,
- ladite seconde vanne est configurée pour être toujours passante, et avoir un
- 15 débit variable commandé en fonction d'une pression P1 à l'intérieur dudit réservoir tampon, et/ou d'une pression P2 en sortie d'au moins un desdits générateurs, et/ou d'une pression P3 d'alimentation desdits moyens de distribution,
- ledit système de commande est en outre configuré pour commander ladite
- 20 seconde vanne,
- au moins certaines desdites entrées desdits générateurs sont raccordées ensemble et à un port unique d'alimentation en air reliée à ladite sortie de ladite ligne de circulation, et/ou au moins certaines desdites sorties desdits générateurs sont raccordées ensemble et à un port unique de sortie d'azote,
- 25 - lesdits consommateurs comprennent des moyens d'alimentation en azote de joints d'étanchéité, en particulier de compresseurs dudit navire, des moyens d'alimentation d'espaces d'isolation, en particulier de cuves dudit navire, et des moyens de purge, en particulier de lignes d'alimentation dudit navire,
- lesdits générateurs sont configurés pour fonctionner en mode tout ou rien,
- 30 - lesdits générateurs sont identiques et dimensionnés de façon à être chacun apte à alimenter seul un desdits consommateurs dont la consommation en termes de débit est destinée à être stable et continu.

La présente invention concerne également un procédé de production et de distribution d'azote au moyen d'un dispositif tel que décrit ci-dessus, comportant les étapes de :

- a) production d'azote par lesdits générateurs, et
- 5 b) recirculation d'azote à travers ladite ligne de recirculation.

Le procédé selon l'invention peut comprendre une ou plusieurs des caractéristiques ou étapes suivantes, prises isolément les unes des autres ou en combinaison les unes avec les autres :

- lesdits moyens de distribution sont alimentés en azote lors des étapes a) et b),
- 10 - le débit de recirculation d'azote à travers ladite ligne de recirculation est surveillé et au moins un desdits générateurs est arrêté lorsque la valeur de ce débit dépasse un seuil prédéterminé.

Selon un troisième aspect, l'invention propose un dispositif de production et de distribution d'azote, en particulier pour un navire de transport de gaz liquéfié, comportant :

- des générateurs d'azote comportant chacun une entrée d'air et une sortie d'azote, au moins un de ces générateurs comportant un compresseur comportant un rotor de compression d'air,
- 20 - un réservoir tampon de stockage d'azote, et
- des moyens de distribution d'azote destinés à alimenter en azote au moins deux consommateurs distincts,

caractérisé en ce qu'il comprend au moins un système de variation de fréquence ou de vitesse dudit rotor.

25 La production d'azote d'un générateur est notamment fonction de la fréquence ou de la vitesse du rotor du compresseur de ce générateur, et est donc réglable en fonction des besoins des consommateurs. Pour limiter le nombre de cycles « start&stop », la fréquence du rotor d'un générateur peut être diminuée par exemple si le besoin en azote n'est pas important, plutôt que
30 de recourir à l'arrêt complet du générateur.

Le dispositif selon l'invention peut comprendre une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément les unes des autres ou en combinaison les unes avec les autres :

- ledit système est configuré pour être commandé en fonction d'une pression P1 à l'intérieur dudit réservoir tampon,
- au moins certains desdits générateurs comprennent, d'amont en aval, depuis l'entrée jusqu'à la sortie d'azote, ledit compresseur, un séparateur d'air de fluide(s), tels que de l'eau et/ou de l'huile, un réchauffeur d'air, et une membrane de filtration configurée pour séparer l'azote du reste de l'air ; dans la pratique, les technologies de séparation par membrane fonctionnent en retenant l'azote et en laissant la perméation du reste des composants de l'air,
- ladite sortie d'au moins un desdits générateurs est reliée à une entrée dudit réservoir tampon,
- au moins certaines desdites entrées desdits générateurs sont raccordées ensemble et à un port unique d'alimentation en air, et/ou au moins certaines desdites sorties desdits générateurs sont raccordées ensemble et à un port unique de sortie d'azote,
- le dispositif comprend des premiers moyens de distribution d'azote sortant dudit réservoir tampon pour l'alimentation d'au moins un desdits consommateurs, et des seconds moyens de distribution d'azote sortant d'au moins un desdits générateurs, sans passer par ledit réservoir tampon, pour l'alimentation d'au moins un autre desdits consommateurs,
- ledit système de variation est configuré pour faire varier la fréquence ou la vitesse dudit rotor dudit au moins un générateur destiné à alimenter lesdits seconds moyens de distribution,
- lesdits consommateurs comprennent des moyens d'alimentation en azote de joints d'étanchéité, en particulier de compresseurs dudit navire, des moyens d'alimentation d'espaces d'isolation, en particulier de cuves dudit navire, et des moyens de purge, en particulier de lignes d'alimentation dudit navire,
- lesdits générateurs sont configurés pour fonctionner en mode tout ou rien, et

- lesdits générateurs sont identiques et dimensionnés de façon à être chacun apte à alimenter seul un desdits consommateurs dont la consommation en termes de débit est destinée à être stable et continu.

La présente invention concerne également un procédé de production et de distribution d'azote au moyen d'un dispositif tel que décrit ci-dessus, comportant les étapes de :

- a) production d'azote par lesdits générateurs, et
- b) variation de la fréquence ou de la vitesse du rotor d'au moins un desdits générateurs.

Le procédé selon l'invention peut comprendre une ou plusieurs des caractéristiques ou étapes suivantes, prises isolément les unes des autres ou en combinaison les unes avec les autres :

- ledit réservoir tampon et lesdits moyens de distribution sont simultanément alimentés en azote lors des étapes a) et b),
- de l'azote est prélevé dudit réservoir tampon et utilisé pour alimenter lesdits moyens de distribution de l'ensemble des consommateurs.

Selon un quatrième aspect, l'invention propose un dispositif de production et de distribution d'azote, en particulier pour un navire de transport de gaz liquéfié, comportant :

- des générateurs d'azote comportant chacun une entrée d'air et une sortie d'azote, au moins un de ces générateurs comportant un compresseur comportant un rotor de compression d'air, et
 - un réservoir tampon de stockage d'azote,
- caractérisé en ce qu'il comprend au moins un système de variation de fréquence ou de vitesse du rotor dudit au moins un générateur à compresseur, et en ce qu'il comprend en outre des moyens principaux de distribution d'azote sortant dudit au moins un générateur à compresseur, sans passer par ledit réservoir tampon, pour l'alimentation en azote d'au moins deux consommateurs distincts.

Les inventeurs ont constaté qu'à une pression d'azote délivrée donnée, la pureté en diazote augmente lorsque le débit diminue. Ainsi, pour une pureté

spécifiée à 97% de diazote à débit nominal, une réduction du débit conduit à produire une sur-qualité d'azote avec une suralimentation en air en amont. La variation de la fréquence ou de la vitesse du rotor du compresseur du générateur d'azote permet de garantir une production suffisante d'azote à une
5 pureté suffisante, tout en optimisant la consommation en air des générateurs.

Le réservoir tampon est ici utilisé comme source d'appoint en azote, les générateurs étant reliés directement aux consommateurs et donc configurés pour alimenter directement les consommateurs.

Dans la présente demande, on entend par moyens « principaux » de
10 distribution d'azote, des moyens qui sont destinés à acheminer la majorité ou la totalité du débit d'azote produit par le ou les générateurs qui fonctionnent. Au contraire, des moyens « secondaires » de distribution d'azote sont destinés à acheminer qu'une partie minoritaire du débit d'azote produit.

Le dispositif selon l'invention peut comprendre une ou plusieurs des
15 caractéristiques suivantes, prises isolément les unes des autres ou en combinaison les unes avec les autres :

- ledit au moins un générateur à compresseur comprend, d'amont en aval, depuis l'entrée jusqu'à la sortie d'azote, ledit compresseur, un séparateur d'air de fluide(s), tels que de l'eau et/ou de l'huile, un réchauffeur, et une membrane
20 de filtration configurée pour séparer l'azote du reste de l'air ; dans la pratique, les technologies de séparation par membrane fonctionnent en retenant l'azote et en laissant la perméation du reste des composants de l'air,
- au moins certaines desdites entrées desdits générateurs sont raccordées ensemble et à un port unique d'alimentation en air, et/ou au moins certaines
25 desdites sorties desdits générateurs sont raccordées ensemble et à un port unique de sortie d'azote,
- ledit port unique de sortie d'azote est relié, de préférence par une vanne, à une entrée dudit réservoir tampon et auxdits moyens principaux de distribution d'azote,
- 30 - le dispositif comprend des moyens secondaires de distribution d'azote sortant dudit réservoir tampon pour l'alimentation d'au moins certains desdits consommateurs,

- les moyens principaux de distribution sont reliés aux moyens secondaires de distribution par une vanne,
- lesdits consommateurs comprennent des moyens d'alimentation en azote de joints d'étanchéité, en particulier de compresseurs dudit navire, des moyens d'alimentation d'espaces d'isolation, en particulier de cuves dudit navire, et des moyens de purge, en particulier de lignes d'alimentation dudit navire,
- lesdits moyens principaux de distribution d'azote alimentent directement au moins lesdits moyens d'alimentation en azote de joints d'étanchéité, et lesdits moyens d'alimentation d'espaces d'isolation,
- lesdits moyens principaux de distribution d'azote comprennent au moins un capteur de pression et/ou de débit, ce capteur étant relié à un système de commande dudit système de variation de fréquence ou de vitesse,
- lesdits générateurs sont identiques et surdimensionnés de façon à être chacun apte à alimenter seul au moins un desdits consommateurs dont la consommation en terme de débit est destinée à être stable et continu, lorsque ce générateur est régulé à une charge inférieure à 100% au moyeu dudit système de variation.

La présente invention concerne également un procédé de production et de distribution d'azote au moyen d'un dispositif selon l'une des revendications précédentes, comportant les étapes de :

- a) production d'azote par lesdits générateurs,
- b) variation de la fréquence ou de la vitesse du rotor dudit au moins un générateur à compresseur, et
- c) alimentation d'au moins certains desdits consommateurs sans passer par ledit réservoir tampon.

Le procédé selon l'invention peut comprendre une ou plusieurs des caractéristiques ou étapes suivantes, prises isolément les unes des autres ou en combinaison les unes avec les autres :

- la fréquence ou la vitesse du rotor dudit au moins un générateur à compresseur est commandée de façon à ce que la pression ou le débit soit supérieure ou égale à une valeur seuil dans lesdits moyens principaux de distribution d'azote,

- la valeur seuil de pression dans lesdits moyens principaux de distribution d'azote est de 5 barg, et
- ledit réservoir tampon est alimenté en azote si et seulement si la pression mesurée dans lesdits moyens principaux de distribution est supérieure à ladite
- 5 valeur seuil de pression, et si la pression mesurée dans ledit réservoir tampon est inférieure à une valeur limite inférieure.

Un seul des générateurs peut être utilisé pour produire de l'azote, lorsque le débit en azote demandé par lesdits consommateurs est inférieur au

10 débit maximum d'azote que peut produire ce générateur à lui seul.

Au moins deux des générateurs voire tous les générateurs peuvent être utilisés pour produire de l'azote, lorsque le débit en azote demandé par lesdits consommateurs est supérieur au débit maximum d'azote que peut produire

15 chacun de ces générateurs, mais que ce débit en azote demandé est inférieur aux débits maximums d'azote cumulés que peuvent produire ces générateurs lorsqu'ils fonctionnent simultanément.

Au moins deux des générateurs voire tous les générateurs peuvent être utilisés pour produire de l'azote, lorsque le débit en azote demandé par lesdits consommateurs est supérieur aux débits maximums d'azote cumulés que

20 peuvent produire ces générateurs lorsqu'ils fonctionnent simultanément. Le réservoir tampon peut être utilisé pour fournir un débit d'azote complémentaire et suffisant pour répondre à la demande des consommateurs, en particulier lors d'une mise en froid de la cuve à laquelle sont reliés ces consommateurs.

25 Avantageusement, un débit maximum d'azote est demandé par lesdits consommateurs, et en particulier par un seul desdits consommateurs, pour la mise en froid d'une cuve de stockage de gaz liquéfié.

Le débit d'azote peut être demandé par le ou lesdits consommateur(s) pour la mise en froid de la cuve sans que celle-ci ait subi au préalable un

30 inertage, la cuve pouvant être amenée à une température supérieure à -40°C grâce à son alimentation en azote.

Le débit d'azote peut être demandé par le ou lesdits consommateur(s) pour la mise en froid de la cuve après que celle-ci ait subi un inertage, la cuve pouvant être amenée à une température supérieure à -10°C voire 0°C grâce à son alimentation en azote.

5

Les caractéristiques des différents aspects de l'invention peuvent être combinées entre elles même si ces combinaisons ne sont pas forcément décrites dans le détail dans les modes de réalisation décrits dans ce qui suit.

10 BREVE DESCRIPTION DES FIGURES

L'invention sera mieux comprise et d'autres détails, caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description qui suit, faite à titre d'exemple non limitatif et en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

- 15 - la figure 1 est une vue schématique d'un dispositif de production et de distribution d'azote,
- la figure 2 est une vue schématique d'un mode de réalisation d'un dispositif de production et de distribution d'azote selon l'invention,
- les figures 3 à 5 sont des vues schématiques correspondant à la figure 1 et
- 20 illustrant des étapes d'un procédé selon l'invention,
- la figure 6 est une vue schématique d'une variante de réalisation d'un dispositif de production et de distribution d'azote selon l'invention,
- la figure 7 est une vue schématique d'une autre variante de réalisation d'un dispositif de production et de distribution d'azote selon l'invention,
- 25 - la figure 8 est une vue schématique d'une autre variante de réalisation d'un dispositif de production et de distribution d'azote selon l'invention,
- les figures 9 à 14 sont des vues schématiques correspondant à la figure 8 et illustrant des étapes d'un procédé selon l'invention,
- la figure 15 est un diagramme montrant de manière très schématique la
- 30 production d'azote des générateurs d'un dispositif de la technique antérieure, par rapport à la demande en azote d'un important consommateur en azote,

- la figure 16 est un diagramme montrant de manière très schématique la production d'azote des générateurs d'un autre dispositif, par rapport à la demande en azote d'un important consommateur en azote, les générateurs étant chacun ici à débit fixe,
- 5 - la figure 17 est un diagramme montrant de manière très schématique la production d'azote des générateurs du dispositif de l'invention, par rapport à la demande en azote d'un important consommateur en azote, les générateurs étant chacun ici à débit variable, et
- la figure 18 est un diagramme récapitulatif et comparatif des dispositifs des figures 15 à 17.

DESCRIPTION DETAILLEE

Dans la description qui suit, les termes « amont » et « aval » font référence à l'écoulement d'un fluide, tel qu'un gaz ou un liquide, dans une conduite ou un circuit.

- 15 La figure 1 montre un dispositif 10 de production et de distribution d'azote, en particulier pour un navire de transport de gaz liquéfié.

Le dispositif 10 comprend pour l'essentiel des générateurs d'azote 12 comportant chacun une entrée d'air 12a et une sortie d'azote 12b, un réservoir tampon 14 de stockage d'azote, et des moyens 16 de distribution d'azote destinés à alimenter en azote des consommateurs 18, 20 et 22.

20 Les générateurs 12 sont au nombre de deux et sont montés en parallèle, leurs entrées 12a étant reliées ensemble et raccordées à un port unique 24 d'alimentation en air des générateurs. Leurs sorties 12b sont reliées ensemble par un collecteur, et raccordées à une entrée 14a du réservoir tampon 14.

Chaque générateur 12 comprend, d'amont en aval, c'est-à-dire depuis l'entrée 12a jusqu'à la sortie 12b, un compresseur d'air 26, un séparateur 28 d'air de fluide(s), tels que de l'eau et/ou de l'huile, un réchauffeur 30 d'air, et une membrane 32 de filtration configurée pour séparer l'azote du reste de l'air.

30 Le compresseur 26 de chaque générateur est par exemple du type à rotor de compression. Le rotor est par exemple à piston, à vis ou à aubes.

Le réservoir tampon 14 est équipé d'une vanne de surpression 34, configurée pour autoriser la libération d'azote contenu dans le réservoir 14 vers l'extérieur, lorsque la pression à l'intérieur du réservoir 14 dépasser une valeur seuil prédéterminée, par exemple 11 barg.

5 Le réservoir tampon 14 est en outre équipé d'un capteur de pression 36 configuré pour mesurer la pression d'azote, notée P1, à l'intérieur du réservoir 14.

Le réservoir tampon 14 comprend également une sortie d'azote 14b reliée par les moyens de distribution 16 aux consommateurs 18, 20 et 22. Les
10 moyens de distribution 16 comprennent ici des vannes de détente 38, 38' dont une entrée est reliée à la sortie 14b, et dont une sortie est reliée à un consommateur 18, 20, 22. Chaque vanne de détente est configurée pour être alimentée en amont en azote à une pression quelconque (via le réservoir 14) et à délivrer en aval une pression constante au consommateur correspondant. Les
15 vannes 38 reliées aux consommateurs 20, 22 sont configurées pour délivrer de l'azote à une pression de consommation notée Pc1, qui est par exemple de 5 barg. La vanne 38' reliée au consommateur 18 est configurée pour délivrer de l'azote à une pression de consommation notée Pc2, qui est par exemple de 0,5 barg.

20 Dans l'exemple représenté, le consommateur 18 est de type III et comprend par exemple des moyens d'alimentation en azote d'espaces d'isolation, par exemple de cuves de stockage de gaz liquéfié du navire. Le consommateur 20 est de type II et comprend par exemple des moyens de purge de lignes de circulation de fluide du navire. Le consommateur 22 est de
25 type I et comprend des moyens d'alimentation en azote de joints d'étanchéité de paliers de compresseurs du navire. Les types I, II et III ont été présentés dans ce qui précède.

Le dispositif 10 comprend en outre un système 40 de commande des générateurs 14, et en particulier des compresseurs 26 des générateurs, en
30 fonction notamment de signaux émis par le capteur de pression 36.

L'un des générateurs 12 est considéré comme un générateur principal et l'autre des générateurs est considéré comme un générateur relai. Chaque

générateur est configuré pour fonctionner en mode tout ou rien, et est commandé par le système 40.

Le générateur principal est configuré pour produire de l'azote lorsque la pression dans le réservoir 14, mesurée par le capteur 36, est comprise entre 6 et 9 barg. Le générateur relai est configuré pour produire de l'azote lorsque la pression dans le réservoir 14, mesurée par le capteur 36, est comprise entre 5 et 8 barg. Le système 40 commande les générateurs 14 en fonction des besoins en azote des consommateurs de façon à ce que la pression P1 dans le réservoir tampon soit à une valeur maximale de 10 barg environ. Ainsi, lorsque la consommation en azote est telle que la pression P1 diminue en dessous de 9 bars, le système 40 actionne le générateur principal pour produire de l'azote et remplir le réservoir tampon 14. Lorsque la consommation en azote est telle que la pression P1 diminue en dessous de 8 bars, le système 40 actionne les générateurs principal et relai pour produire de l'azote et remplir le réservoir tampon 14. Ce mode de fonctionnement « start&stop » permet de garantir une quantité maximale d'azote disponible dans le réservoir tampon 14 mais entraîne une usure accélérée des générateurs et donc une réduction de leur durée de vie. Ces générateurs sont par ailleurs coûteux car ils sont surdimensionnés (et identiques) pour qu'ils puissent chacun être suffisant pour alimenter le plus important consommateur d'azote, en terme de débit, à savoir le consommateur 18 de type III. Ils ont par exemple chacun une capacité de production d'azote de 150 Nm³/h à 10 barg.

Les figures 2 à 5 illustrent un premier mode de réalisation d'un dispositif 110 selon l'invention qui comprend pour l'essentiel les mêmes éléments que ceux du dispositif 10. La description qui précède en relation avec le dispositif 10 s'applique donc au dispositif 110 dans la mesure où elle ne contredit pas ce qui suit.

Dans la description qui suit, les éléments déjà décrits dans ce qui précède sont désignés par les mêmes chiffres de référence augmentés d'une centaine.

Le dispositif 110 comprend ici trois générateurs 112 mais pourrait en comprendre davantage. Les générateurs 112 sont montés en parallèle, leurs entrées 112a étant reliées ensemble et raccordées à un port unique 124 et leurs sorties 112b étant reliées ensemble et raccordées à une entrée 114a du
5 réservoir tampon 114.

Contrairement à la technique antérieure, les générateurs 112 ne sont ici pas surdimensionnés. Ils sont identiques et configurés pour qu'ils soient aptes à alimenter seul le consommateur 22 de type I, qui a une consommation stable. En pratique, chaque générateur est de préférence dimensionné pour produire
10 un débit d'azote légèrement supérieur au débit constant de consommation d'azote d'un consommateur de type I. Ils ont par exemple chacun une capacité de production d'azote de 50 Nm³/h à 6 barg.

Chaque générateur 112 comprend, d'amont en aval, c'est-à-dire depuis l'entrée 112a jusqu'à la sortie 112b, un compresseur d'air 126, un séparateur
15 128 d'air de fluide(s), tels que de l'eau et/ou de l'huile, un réchauffeur 130 d'air, et une membrane 132 de filtration configurée pour séparer l'azote du reste de l'air.

Certains éléments des générateurs 112 peuvent être communalisés. C'est le cas par exemple des séparateurs 128 et des réchauffeurs 130 des
20 générateurs, comme cela est schématiquement représenté par des rectangles en traits pointillés à la figure 2. Ainsi, le dispositif 110 peut comprendre un séparateur 128 commun aux trois générateurs 112, ou à seulement deux d'entre eux. De la même façon, le dispositif 110 peut comprendre un réchauffeur 130 commun aux trois générateurs 112, ou à seulement deux
25 d'entre eux.

Les sorties 112b des générateurs 112 sont reliées par une vanne 142 à l'entrée 14a du réservoir tampon 114. Un capteur de pression 144 est prévu en amont de la vanne 142 et permet de mesurer la pression d'azote, notée P2, en sortie des générateurs 112. Le réservoir tampon 114 est en outre équipé de
30 deux capteurs de pression 136 et 146 configurés pour mesurer la pression P1 à l'intérieur du réservoir. Les capteurs 136, 146 peuvent être remplacés par un seul et même capteur. Les signaux émis par les capteurs 144 et 136 sont

destinés à être reçus par le système 140 qui commande en fonction un moyen 148 de commande de la vanne 142. De la même façon, les signaux émis par le capteur 146 sont destinés à être reçus par le système 140 qui commande en fonction un moyen 150 de commande d'une vanne 152 de recirculation d'azote.

5 Le dispositif 110 comprend une ligne 154 de recirculation d'azote dont une extrémité amont est reliée à la ou une sortie 114b d'azote du réservoir 114, et dont une extrémité aval opposée est reliée aux entrées 112a des générateurs 112.

La ligne 154 est équipée de la vanne 152 ainsi que d'une vanne anti-
10 retour 156. Elle peut en outre être équipée d'un débitmètre 158 dont les signaux sont destinés à être transmis au système 140. Le débitmètre 158 permet de connaître la quantité d'azote produit en excès. Dans le cas où le débit d'azote produit en excès et circulant dans la ligne 154, est trop important, le système 140 peut commander l'arrêt d'un des générateurs 112 lorsque deux
15 générateurs sont en cours de fonctionnement.

Le moyen 150 est configuré pour actionner la vanne 152 lorsque la pression dans le réservoir 114, mesurée par le capteur 146, dépasse un certain seuil, par exemple de l'ordre de 10 barg.

La ligne 154 permet, en cas de surproduction d'azote, de réutiliser
20 l'azote produit en excès afin d'éviter d'arrêter les générateurs et donc de limiter le nombre de cycles « start&stop ».

Le réservoir tampon 114 est équipé d'une vanne de surpression 134 et sa sortie 114b est reliée par des premiers moyens de distribution 116a aux consommateurs de type II et III, à savoir les consommateurs 118 et 120.

25 Les moyens de distribution 116a comprennent ici des vannes de détente 138, 138' dont l'entrée est reliée à la sortie 114b, et dont une sortie est reliée à un consommateur 118, 120.

Le dispositif 110 comprend en outre des seconds moyens 116b de distribution directe d'azote au consommateur de type I, à savoir le
30 consommateur 122. Ces moyens de distribution 116b comprennent ici une vanne de détente 138 dont l'entrée est reliée aux sorties 112b des générateurs 112, et dont une sortie est reliée au consommateur 122.

Les sorties 112b des générateurs 112 sont donc reliées ensemble pour former une première branche d'un raccord en Y dont une seconde branche est reliée par la vanne 142 à l'entrée 114a du réservoir, et dont une troisième branche est reliée à la vanne 138 et au consommateur 122. L'alimentation
5 directe du consommateur 122, qui demande un débit d'azote constant et sur une période relativement longue, permet d'éviter les nombreux cycles « start&stop » de fonctionnement des générateurs et donc de limiter leur usure. Par ailleurs, le réservoir 114 peut adopter une fonction de stockage d'azote et avoir une pression de stockage qui varie entre une valeur minimale et une
10 valeur maximale, et non pas seulement une fonction tampon pour laquelle une pression de fonctionnement doit être maintenue constante.

Dans une variante non représentée, le consommateur alimenté en direct par les générateurs 112 pourrait être le consommateur 120 de type II.

15 Les figures 3 à 5 illustrent des étapes de fonctionnement du dispositif 110 et en particulier d'un procédé de production et de distribution d'azote.

L'étape représentée à la figure 3 représente l'alimentation directe en azote du consommateur 122 ainsi que la recirculation d'azote si nécessaire.

Un des générateurs 112 est actionné par le système 140 et produit de
20 l'azote avec un débit et une pression suffisantes pour couvrir le besoin du consommateur 122 de type I. La pression en azote est égale à 5 barg en aval de la vanne 138 des moyens 116b et est supérieure à 5barg en amont de cette vanne. Le surplus d'azote produit par le générateur est envoyé au réservoir tampon 114, à travers la vanne 142 qui reste ouverte en permanence.

25 Dans le cas où la pression d'azote à l'intérieur du réservoir 114, mesurée par le capteur 146, dépasse un certain seuil, par exemple 10 barg, la vanne 152 est ouverte et de l'azote est évacué du réservoir pour en diminuer la pression et le renvoyer aux entrées 112a des générateurs. Cet azote va donc être retraité par les générateurs pour augmenter le rendement de production
30 d'azote du dispositif, c'est-à-dire l'enrichissement en azote du gaz en sortie des générateurs.

L'étape représentée à la figure 4 représente également l'alimentation directe en azote du consommateur 122 ainsi que la recirculation d'azote si nécessaire.

Deux des générateurs 112 sont actionnés par le système 140 et produisent de l'azote avec un débit et une pression suffisante pour couvrir le besoin du consommateur 122 de type I, voire d'autres consommateurs. La pression en azote est égale à 5 barg en aval de la vanne 138 des moyens 116a et est supérieure à 5barg en amont de cette vanne. Le surplus d'azote produit par le générateur est envoyé au réservoir tampon 114, à travers la vanne 142 qui est ouverte.

Dans le cas où la pression d'azote à l'intérieur du réservoir 114, mesurée par le capteur 146, dépasse le seuil précité, la vanne 152 est ouverte et de l'azote est évacué du réservoir pour en diminuer la pression et le renvoyer aux entrées 112a des générateurs.

Lorsque les consommateurs ne demandent pas d'azote ou demandent un débit d'azote inférieur au débit d'azote produit, la pression d'azote dans le réservoir 114 augmente. Au-delà du seuil de pression, le moyen 150 commande l'ouverture de la vanne 152 et donc la recirculation d'une partie de l'azote contenu dans le réservoir de façon à maintenir sa pression interne à 10 barg. Dans le cas où le débit d'azote qui recircule est inférieur à une valeur seuil, les générateurs sont maintenus en fonctionnement. Dans le cas où ce débit serait supérieur à cette valeur seuil, un des générateurs pourrait être arrêté par le système 140.

Lorsque les consommateurs demandent un débit d'azote supérieur au débit d'azote produit, la pression d'azote dans le réservoir 114 diminue. Le système peut alors commander l'activation du troisième générateur 112 pour éviter que la pression dans le réservoir atteigne une valeur minimale, par exemple de 1 barg. Le dispositif est toutefois configuré pour que la pression dans le réservoir puisse descendre aussi bas, ce qui n'était pas le cas dans la technique antérieure.

Avant l'activation d'un générateur, tel que le troisième, le système 140 peut commander l'activation du réchauffeur de ce générateur. Ceci permet de préchauffer le générateur en vue de son fonctionnement imminent.

5 L'étape représentée à la figure 5 représente l'alimentation en azote des consommateurs 118 et 122. Le consommateur 118 nécessite un débit relativement important d'azote. C'est notamment le cas lors d'une mise en froid et de chargement d'une cuve de gaz liquéfié, l'espace d'isolation de cette cuve devant être alimenté en azote avec un fort débit et une faible pression.

10 Deux des générateurs 112 sont actionnés par le système 140 et produisent de l'azote, dont une partie alimente en direct le consommateur 122 et l'autre partie alimente le réservoir tampon 114. Dans les moyens de distribution 116b, la pression en azote est égale à 5 barg en aval de la vanne 138 et est supérieure ou égale à 5 barg en amont de cette vanne. Dans les
15 moyens de distribution 116a, la pression en azote est égale à 0,5 barg en aval de la vanne 138' et est supérieure à 0,5 barg en amont de cette vanne.

La vanne 142 est commandée de façon à s'assurer que la pression en amont de la vanne 138 des moyens de distribution 116b, soit toujours supérieure à 5barg. Pour cela, la vanne 138 peut être quasi fermée de façon à
20 ce que la totalité ou la quasi-totalité de l'azote produit par les générateurs alimentent le consommateur 122.

De manière générale, quelles que soient les conditions opérationnelles du dispositif 110, la vanne 142 est de préférence maintenue passante. Cela permet au réservoir tampon 114 d'être alimenté en azote à tout moment et de
25 rééquilibrer les pressions en amont et en aval de la vanne 142, c'est-à-dire dans le collecteur de sortie d'azote des générateurs 112 et dans le réservoir 114. Si le débit d'azote consommé est important et supérieur au débit d'azote produit par les générateurs 112, la pression dans le réservoir va diminuer. Si la consommation d'azote s'arrête ou si le débit consommé est inférieur au débit
30 d'alimentation, alors la pression dans le réservoir augmentera jusqu'à atteindre une valeur maximale.

En particulier, la vanne 142 est configurée pour être complètement ouverte lorsque la pression à l'intérieur du réservoir est supérieure à 5 barg, et pour être partiellement ouverte lorsque la pression à l'intérieur du réservoir est inférieure à 5 barg, de façon à ce que la pression en amont de la vanne soit
5 supérieure ou égale à 5 barg.

En variante, la vanne 142 pourrait être remplacée par une vanne à deux états, tout ou rien. Une conduite supplémentaire de liaison des sorties des générateurs à l'entrée du réservoir tampon serait alors nécessaire en parallèle de la vanne, de façon à assurer une communication fluide entre les sorties
10 des générateurs et l'entrée du réservoir tampon même lorsque la vanne est fermée.

La figure 6 illustre un second mode de réalisation d'un dispositif 210 selon l'invention qui comprend pour l'essentiel les mêmes éléments que ceux du dispositif 110. La description qui précède en relation avec le dispositif 110
15 s'applique donc au dispositif 210 dans la mesure où elle ne contredit pas ce qui suit.

Dans la description qui suit, les éléments déjà décrits dans ce qui précède sont désignés par les mêmes chiffres de référence augmentés d'au
20 moins une centaine.

Le mode de réalisation de la figure 6 diffère de celui des figures 2 à 5 notamment en ce que les premiers moyens de distribution 216a sont reliés aux seconds moyens de distribution 216b par une ligne de dérivation 260 équipée
25 d'une vanne 262 et/ou d'une vanne anti-retour.

La ligne de dérivation 260 est configurée pour autoriser le passage d'azote depuis les moyens de distribution 216a, et donc depuis le réservoir tampon 114, jusqu'au consommateur 122. La ligne 260 peut avoir une extrémité amont reliée aux moyens de distribution 216a, juste en amont des vannes 138,
30 138', et une extrémité aval reliée aux moyens de distribution 216b, juste en amont de la vanne 138.

Les sorties 212b de deux des générateurs 212 sont ici reliées à l'entrée 214a du réservoir tampon 214 par une conduite dépourvue de vanne pour simplifier le dispositif 210. Le dispositif 210 est en outre dépourvu de ligne de recirculation même s'il pourrait en comprendre une.

5 De plus, le dispositif 210 comprend au moins un système 264 de variation de fréquence ou de vitesse du rotor d'un compresseur 226 d'au moins un des générateurs 212'. Le système 264 peut être commandé par le système 240. En variante, il peut être commandé manuellement, la fréquence ou la vitesse du rotor étant ajustée manuellement.

10 Dans l'exemple représenté, le système 264 est associé à un seul des compresseurs dont la sortie 212b' est reliée directement aux moyens de distribution 216b et n'est pas reliée aux sorties 212b des autres générateurs. Les sorties 212b des deux autres générateurs sont reliés à l'entrée 214a du réservoir, comme évoqué dans ce qui précède.

15 La figure 7 illustre un troisième mode de réalisation d'un dispositif 310 selon l'invention qui comprend pour l'essentiel les mêmes éléments que ceux du dispositif 210. La description qui précède en relation avec le dispositif 210 s'applique donc au dispositif 310 dans la mesure où elle ne contredit pas ce qui suit.

Dans la description qui suit, les éléments déjà décrits dans ce qui précède sont désignés par les mêmes chiffres de référence augmentés d'au moins une centaine.

25 Le mode de réalisation de la figure 7 diffère de celui de la figure 6 notamment en ce que le dispositif 310 comprend seulement des premiers moyens de distribution 316a, et ne comprend donc pas des seconds moyens de distribution directe d'azote depuis les sorties 312a des générateurs 312. Les moyens de distribution 316a sont donc reliés à la sortie 314b du réservoir tampon 314 et à l'ensemble des consommateurs 318, 320 et 322, par les
30 vannes de détente 338, 338'. Les sorties 312b des générateurs sont toutes reliées ensemble et à l'entrée 314a du réservoir tampon.

De plus, le dispositif 310 comprend un moyen 366 de commande du système 364 en fonction notamment de la pression dans le réservoir tampon 314, mesurée par le capteur de pression 346.

Dans le mode de réalisation de la figure 7, le générateur auquel est
5 associé le système 364 peut être sous-dimensionné par rapport aux autres générateurs. Ce générateur est par exemple similaire à ceux 112, 212, 212 décrits dans ce qui précède, alors que les autres générateurs peuvent être du type de ceux utilisés dans la technique antérieure (qui sont en général surdimensionnés).

10 De manière générale, l'invention propose des solutions pour répondre au problème technique d'usure accélérée des générateurs d'azote du fait de leur mode de fonctionnement en tout ou rien ou « start&stop ».

Les figures 8 à 14 illustrent une autre variante de réalisation d'un
15 dispositif 410 selon l'invention qui comprend pour l'essentiel les mêmes éléments que ceux du dispositif 10. La description qui précède en relation avec le dispositif 10 s'applique donc au dispositif 110 dans la mesure où elle ne contredit pas ce qui suit.

Dans la description qui suit, les éléments déjà décrits dans ce qui
20 précède en référence à la figure 1 sont désignés par les mêmes chiffres de référence augmentés de quatre centaines.

Le dispositif 410 comprend ici deux générateurs 412 mais pourrait en comprendre davantage. Les générateurs 412 sont montés en parallèle, leurs entrées 412a étant reliées ensemble et raccordées à un port unique 424 et
25 leurs sorties 412b étant reliées ensemble.

Chaque générateur 412 comprend, d'amont en aval, c'est-à-dire depuis l'entrée 412a jusqu'à la sortie 412b, un compresseur d'air 426, un séparateur 428 d'air de fluide(s), tels que de l'eau et/ou de l'huile, un réchauffeur 430 d'air, et une membrane 432 de filtration configurée pour séparer l'azote du reste de
30 l'air. Dans la pratique, les technologies de séparation par membrane fonctionnent en retenant l'azote et en laissant la perméation du reste des composants de l'air.

Certains éléments des générateurs 412 peuvent être communalisés, comme évoqué dans ce qui précède.

Les sorties 412b des générateurs 412 sont reliées par une vanne 442 à l'entrée 414a d'un réservoir tampon 414. Les sorties 421b sont également
5 reliées à des moyens principaux 416b de distribution d'azote aux consommateurs 418 et 422.

L'alimentation directe des consommateurs permet d'éviter les nombreux cycles « start&stop » de fonctionnement des générateurs et donc de limiter leur usure. Par ailleurs, le réservoir 414 peut adopter une fonction de
10 stockage d'azote et avoir une pression de stockage qui varie entre une valeur minimale et une valeur maximale, et non pas seulement une fonction tampon pour laquelle une pression de fonctionnement doit être maintenue constante.

Une sortie 414b du réservoir tampon 414 est en outre reliée par des moyens secondaires 416a de distribution d'azote à au moins un des
15 consommateurs, ici le consommateur 418 de type III. Le réservoir tampon 414 peut comprendre une autre sortie 414c reliée au consommateur 420 de type II.

Les moyens principaux de distribution 416b sont équipés de capteurs de pression 444a, 444b et de débit 445. Un capteur de pression 444a et un capteur de débit 445 sont situés juste en sortie des générateurs 412, et l'autre
20 capteur de pression 444b plus en aval. Les capteurs 444a, 444b sont configurés pour mesurer des pressions P1 et P2 de l'azote dans les moyens 416b.

Le réservoir tampon 414 est en outre équipé d'un capteur de pression 446a configuré pour mesurer une pression P4 à l'intérieur du réservoir. Les
25 moyens secondaires de distribution 416a sont équipés d'un capteur de pression 446b qui est configuré pour mesurer une pression P3.

Les moyens de distribution 416a, 416b comprennent, en amont de chaque consommateur 418, 420, 422, une vanne de détente 438, 438', 438''.

Dans l'exemple représenté, les moyens de distribution principaux 416b
30 comprennent deux lignes d'alimentation respectives des consommateurs 418, 420, 422. La première ligne 416b1 s'étend depuis les sorties 412b des générateurs 412 jusqu'au consommateur 422 et est équipée des capteurs

444a, 444b, et 445, ainsi que de la vanne 438. La seconde ligne 416b2 s'étend entre la première ligne 416b1 et le consommateur 418 et est équipée de la vanne 438' ainsi que d'une autre vanne 462 disposée en amont de la vanne 438'. La seconde ligne 416b2 est reliée à la première ligne 416b1, en aval des capteurs 444a, 444b, 445 et en amont de la vanne 438. Une troisième ligne 416b3 s'étend entre la première ligne 416b1 et le consommateur 420 et est équipée de la vanne 438''. La ligne 416b3 est uniquement reliée à la sortie 414c du réservoir tampon 414. Les moyens secondaires de distribution 416a sont reliés à la seconde ligne 416b2 et en aval de la vanne 462 et en amont de la vanne 438'. Ces moyens de distribution 416a sont équipés d'une vanne 443.

Les signaux émis par les capteurs 446a, 444b sont destinés à être reçus par des moyens de commande 448a, 448b, qui commandent en fonction les vannes 442 et 462. De la même façon, les signaux émis par le capteur 446b sont destinés à être reçus par un moyen de commande 448c qui commande en fonction la vanne 443.

Les signaux émis par les capteurs 444a, 445 sont destinés à être reçus par un système de commande 440 d'un système 464 de variation de fréquence ou de vitesse du rotor du compresseur 426 de chaque générateurs 412.

On comprend donc que la vitesse ou la fréquence de chaque rotor de compresseur est commandée en fonction de la pression et/ou du débit d'azote circulant dans les moyens principaux de distribution 416b.

A la différence du dispositif 110, où chaque générateur (tout ou rien) a une capacité légèrement supérieure au consommateur 422 régulier, les générateurs 412 du dispositif 410 ont ici des capacités supérieures, de sorte que le système de variation 464 puisse faire fonctionner un générateur à charge réduite (« bas » régime) et réponde à la demande du consommateur régulier 422. Et c'est lorsque la demande augmente, par exemple par un besoin additionnel du consommateur 418, que le système 464 permet d'augmenter la production du générateur.

Le « bas » régime correspond par exemple à un point de fonctionnement de 50Nm³/h à 6 barg, ce qui correspond à environ 30 à 50% de

la capacité nominale du générateur. Ce régime « bas » répond à la consommation régulière stable, c'est-à-dire au besoin du consommateur 422.

La capacité maximale des générateurs n'est plus corrélée à la demande maximale qui reste occasionnelle.

5 Les figures 9 à 14 illustrent des étapes de fonctionnement du dispositif 410 et en particulier d'un procédé de production et de distribution d'azote.

L'étape représentée à la figure 9 représente l'alimentation directe en azote du consommateur 422 voir éventuellement du consommateur 418.

Un des générateurs 412 est actionné par le système 440 et produit de
10 l'azote avec un débit et une pression suffisantes pour couvrir le besoin du consommateur 422 de type I. La pression en azote est égale à 5 barg en aval de la vanne 438 des moyens 416b et est supérieure à 5barg en amont de cette vanne. Contrairement au dispositif 110, il n'y a plus de surplus de production d'azote, puisque l'on vient piloter le générateur pour produire ce qui est
15 demandé. Dans le cas du régime de fonctionnement de la figure 9, il n'y a essentiellement que le consommateur 422 qui consomme. Le consommateur 418 peut potentiellement consommer un faible débit ou aucun, qui passe alors à travers les vannes 462, 438' qui sont ouvertes.

Le compresseur du générateur 412 qui fonctionne peut être à une
20 charge de 30 à 50% de sa capacité nominale. Cette charge est régulée par le système 440 en fonction du débit consommé mesuré par le capteur 444a. Le capteur 445 permet de s'assurer du régime de fonctionnement et que la vanne 438 est bien alimentée avec une pression au moins égale à 5 barg. Les vannes 442 et 443 sont fermées. La vanne 462 est totalement ouverte pour les petites
25 demandes d'azote du consommateur 418. La vanne 438' est donc ouverte. La figure 9 représente donc l'état du dispositif en consommation normale stable.

L'étape de la figure 10 représente un accroissement de la demande en azote des consommateurs 422 et 418. La pression ou le débit de production d'azote est supérieure à la précédente étape.

30 L'augmentation de débit consommé mesurée par le capteur 444a ainsi que la pression mesurée par le capteur 445 montrent dans ce cas une augmentation du débit. Le système 440 augmente la charge du compresseur

afin de répondre à la demande. Les vannes 442 et 443 sont fermées. La vanne 462 est totalement ouverte pour les petites demandes d'azote du consommateur 418. La vanne 438' est donc ouverte.

Un seul générateur 412 fonctionne à l'étape 10 contre deux dans
5 l'étape suivante illustrée à la figure 11, qui montre un état du dispositif correspondant à une grande consommation.

Les deux générateurs 412 sont actionnés par le système 440 et produisent de l'azote avec un débit et une pression suffisante pour couvrir le besoin des consommateurs 422 et 418. Le consommateur 418 nécessite ici un
10 débit relativement important d'azote. C'est notamment le cas lors d'une mise en froid et de chargement d'une cuve de gaz liquéfié, l'espace d'isolation de cette cuve devant être alimenté en azote avec un fort débit et une faible pression.

Suite à cette augmentation de consommation qui amène le compresseur démarré en premier à environ 80% de sa charge, le compresseur
15 du deuxième générateur démarre donc. Afin d'avoir des pressions de sortie équilibrées, la charge globale est répartie sur les deux compresseurs. Par exemple, les deux compresseurs peuvent être réglés à une charge de 40% environ. On considère dans les cas de « grande consommation » que le débit demandé est inférieur ou égal à la capacité totale des deux des compresseurs
20 (2x100%). Les vannes 442 et 443 sont fermées. La vanne 462 est totalement ouverte pour les petites demandes d'azote du consommateur 418. La vanne 438' est donc ouverte.

Un pic de consommation correspond au cas où le débit demandé est supérieur la capacité totale des deux des compresseurs (2x100%). Lorsque
25 cette consommation dépasse la capacité, la pression délivrée va chuter. Lorsque la pression va s'approcher des 5 barg, le réservoir tampon 414 est utilisé afin de compléter la production d'azote et maintenir la pression nécessaire demandée par les consommateurs (figure 12). La pression d'azote dans le réservoir 414 diminue alors. La vanne 443 s'ouvre et distribue l'azote
30 stocké afin de maintenir une pression suffisante en amont de la vanne 438'. La vanne 462 se ferme progressivement afin de maintenir une pression suffisante en amont de la vanne 438. La vanne 442 reste fermée. On considère que le pic

de consommation est passé lorsque la pression P2 mesurée par le capteur 444b remonte à une valeur suffisante.

Le cas d'une diminution du débit ou de la pression d'azote demandée par les consommateurs (figure 13) est similaire au cas d'une augmentation de ce débit ou de cette pression comme illustrée à la figure 11.

L'étape représentée à la figure 14 représente l'alimentation en azote des consommateurs et du réservoir tampon 414. Deux des générateurs 412 sont actionnés par le système 440 et produisent de l'azote, dont une partie alimente en direct le consommateur 422 et l'autre partie alimente le réservoir tampon 414. Dans les moyens de distribution 416b, la pression en azote est égale à 5 barg en aval de la vanne 438 et est supérieure ou égale à 5 barg en amont de cette vanne. Dans les moyens de distribution 416a, la pression en azote est égale à 0,5 barg en aval de la vanne 438' et est supérieure à 0,5 barg en amont de cette vanne.

Lorsque les consommateurs ne demandent pas d'azote ou demandent un débit d'azote inférieur au débit d'azote produit, la pression d'azote dans le réservoir 414 augmente. Au-delà du seuil de pression, le moyen 448c commande l'ouverture de la vanne 443.

En régime de consommation normale, hors pic, le réservoir 414 doit rester plein, de préférence à la pression la plus haute qui peut être produite par les générateurs 412, par exemple entre 10 et 12 barg. Si, et seulement si, la pression P2 mesurée par le capteur 444b est supérieure à 5 barg et la pression P4 mesurée par le capteur 446a est inférieure à 8 barg (par exemple), alors la vanne 442 commence à s'ouvrir pour permettre d'alimenter en azote le réservoir et augmenter ainsi sa pression. Les deux compresseurs peuvent être utilisés à 100% pour atteindre cette pression maximale de remplissage de 10 à 12 barg.

La vanne 442 est de toute façon commandée de façon à s'assurer que la pression en amont de la vanne 438 des moyens de distribution 416b, soit toujours supérieure à 5barg. Pour cela, la vanne 438 peut être quasi fermée de façon à ce que la totalité ou la quasi-totalité de l'azote produit par les générateurs alimentent le consommateur 122.

La figure 15 illustre l'art antérieur à la présente invention et le fait que les générateurs sont identiques et surdimensionnés de façon à être aptes à fournir un débit d'azote suffisant pour alimenter le plus important consommateur d'azote, en terme de débit, c'est-à-dire le consommateur de type III. N1 et N2 sont des niveaux, respectivement bas et supérieur, de demandes en azote des consommateurs. Les niveaux L1 et L2 sont respectivement les capacités de production d'azote des deux générateurs G1 et G2. La capacité L1 du premier générateur permet de couvrir le niveau N1 mais pas le niveau N2. Pour couvrir le niveau N2, il est nécessaire de faire fonctionner simultanément les deux générateurs qui produisent alors un débit d'azote supérieur à N2 et qui correspond au débit d'azote (MAX) du plus gros consommateur d'azote de type III.

La figure 16 illustre un cas similaire avec trois générateurs (G1, G2 et G3) au lieu de deux ainsi qu'un réservoir tampon (RT). N1 et N2 sont les niveaux, respectivement bas et supérieur, de demandes en azote des consommateurs. Les niveaux L1, L2 et L3 sont respectivement les capacités de production d'azote des trois générateurs. La capacité L1 du premier générateur permet de couvrir le niveau N1. Les capacités cumulées L1, L2 et L3 permettent de couvrir le niveau N2. Au-delà, en plus des trois générateurs, le réservoir tampon est utilisé pour fournir davantage d'azote et compléter le débit fourni jusqu'au débit d'azote (MAX) du plus gros consommateur d'azote de type III.

La figure 17 illustre un des aspects de l'invention et le fait que le dispositif comprend des générateurs à débit variable. En fonction de la demande, un ou plusieurs des générateurs fourniront de l'azote. Si la demande en azote est faible, un seul des générateurs est mis en fonctionnement et la vitesse ou la fréquence de son rotor est contrôlée pour fournir le débit demandé. Si le débit demandé est supérieur au débit maximum que peut produire un seul générateur, les deux générateurs sont mis en fonctionnement. Les capacités L1 et L2 cumulées des générateurs sont égales à N2. Le réservoir tampon est utilisé pour fournir de manière ponctuelle un surplus de

débit nécessaire pour satisfaire la demande, et donc au débit supplémentaire nécessaire pour passer du niveau N2 au niveau MAX.

Dans un exemple de réalisation de l'invention, le niveau N2 correspondant au débit demandé par le consommateur de type III lors d'une mise en froid d'une cuve. La cuve peut être vidée et amenée à une température supérieure à -40°C. Dans le cas où elle n'est pas soumise à une étape d'inertage consistant à injecter du gaz inerte dans la cuve en vue d'évacuer l'air, la cuve peut être remplie à nouveau avec du gaz liquéfié. Avant cela, il est toutefois nécessaire de la mettre en froid grâce au consommateur de type III.

10 Le débit N2 correspond ainsi au débit nécessaire pour l'alimentation de ce consommateur.

Le niveau MAX correspondant au débit demandé par le même consommateur lors d'une mise en froid d'une cuve qui a préalablement été inertée. La cuve peut être vidée et amenée à une température supérieure à -10°C voire 0°C. Elle peut subir une ou plusieurs étapes d'inertage consistant à injecter du gaz inerte dans la cuve en vue d'évacuer l'air qui s'y trouve du fait d'une opération de maintenance par exemple réalisée dans la cuve. La cuve peut être remplie à nouveau avec du gaz liquéfié. Avant cela, il est toutefois nécessaire de la mettre en froid grâce au consommateur de type III. Le débit

15 NMAX correspond ainsi au débit nécessaire pour l'alimentation de ce consommateur.

Le niveau N1 peut correspondre au débit demandé en continu par l'un ou l'autre des autres consommateurs, par exemple celui de type I.