Tour de chargement et/ou de déchargement équipée d'un dispositif de pulvérisation de gaz liquéfié

Domaine technique

L'invention se rapporte au domaine des cuves étanches et thermiquement isolantes pour le stockage et/ou le transport d'un gaz liquéfié et concerne plus particulièrement les tours de chargement et/ou de déchargement destinées à être suspendues à la paroi de plafond d'une telle cuve et permettant de charger du gaz liquéfié dans la cuve et/ou de le décharger.

Arrière-plan technologique

Dans l'état de la technique, il est connu des tours de chargement/déchargement présentant une structure tripode, c'est-à-dire comportant trois mâts verticaux qui sont suspendus à un couvercle d'un dôme liquide et sont chacun fixés les uns aux autres par des traverses. Chacun des mâts verticaux est creux. Ainsi, deux des mâts forment une ligne de déchargement de la cuve et sont pour ce faire chacun associés à une pompe de déchargement portée par la tour de chargement/déchargement, à proximité de son extrémité inférieure. Le troisième mât forme quant à lui un puits de secours permettant la descente d'une pompe de secours et d'une ligne de déchargement en cas de défaillance des autres pompes de déchargement. La tour de chargement/déchargement porte également des lignes de chargement qui ne constituent pas l'un des trois mâts. De telles tours de chargement/déchargement sont par exemple décrites dans le document FR2785034.

Les mâts sont soumis à des phénomènes de contraction et de dilatation thermique qui dépendent notamment des conditions de remplissage de la cuve et des gradients de températures auxquels ils sont soumis. Dans certaines circonstances, les mâts sont susceptibles d'être soumis à des gradients de température différents. C'est notamment le cas lorsque du gaz naturel liquéfié est déchargé de la cuve au travers d'un ou plusieurs des mâts alors qu'un ou plusieurs des autres mâts n'est pas traversé par du gaz naturel liquéfié. Dans de telles circonstances, les mâts sont susceptibles de se contracter de manière différente, ce qui génère des contraintes mécaniques importantes sur les traverses et sur le couvercle du dôme liquide et est

ainsi susceptible d'entraîner une déformation irréversible ou une rupture des traverses ou du couvercle du dôme liquide. De même, les mâts sont également susceptibles d'être soumis à des gradients de températures différents lors du chargement de la cuve.

Résumé

Une idée à la base de l'invention est de proposer une tour de chargement et/ou de déchargement permettant d'éviter que des différences de températures trop importantes entre les mâts apparaissent, notamment lorsque du gaz liquéfié n'est acheminé qu'au travers d'une partie seulement des trois mâts et/ou lors du chargement de la cuve.

Selon un mode de réalisation, l'invention fournit une tour de chargement et/ou de déchargement pour une cuve destinée à stocker un gaz liquéfié, comportant une extrémité supérieure destinée à être suspendue à une paroi de plafond de ladite cuve et une extrémité inférieure, ladite tour de chargement et/ou de déchargement comportant au moins un premier et un deuxième mâts verticaux qui sont fixés l'un à l'autre par des traverses; ladite tour de chargement et/ou de déchargement étant en outre équipée d'un dispositif de pulvérisation de gaz liquéfié comportant au moins une première et une deuxième buses qui sont respectivement aptes à projeter du gaz liquéfié selon un premier et un deuxième cônes de pulvérisation respectivement dirigés suivant une première et une deuxième directions centrales, les première et deuxième buses étant agencées de telle sorte que :

- les première et deuxième directions centrales présentent chacune une composante verticale orientée vers l'extrémité inférieure de la tour de chargement et/ou de déchargement; et que
- les premier et deuxième mâts présentent respectivement une surface exposée au premier et au deuxième cônes de pulvérisation.

On entend par l'expression « cône de pulvérisation » la zone d'extension du gaz liquéfié s'étendant à partir de l'orifice de sortie d'une buse, ladite zone présentant une forme (tridimensionnelle) conique, telle que représentée par exemple sous forme de pointillée sur la figure 1, dont le sommet est situé au niveau de cet orifice de sortie de la buse. Des explications complémentaires, en référence aux figures annexées, sont données dans la suite.

Dès lors, les deux cônes de pulvérisation atteignent respectivement les deux mâts, ce qui permet de refroidir de manière sensiblement homogène lesdits deux mâts, notamment avant et/ou pendant que du gaz liquéfié est déchargé de la cuve au travers d'un ou plusieurs des mâts. Ceci permet de limiter les contraintes mécaniques susceptibles de s'exercer sur les traverses.

Selon d'autres modes de réalisation avantageux, une telle tour de chargement et/ou de déchargement peut présenter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes.

Selon un mode de réalisation, la tour de chargement et/ou de déchargement comporte en outre un troisième mât vertical qui est fixé au premier et au deuxième mâts par des traverses, le premier et deuxième mâts définissant un prisme à section triangulaire, le dispositif de pulvérisation de gaz liquéfié comportant une troisième buse qui est apte à projeter le gaz liquéfié suivant une troisième direction centrale, la troisième buse étant agencée de telle sorte que le troisième mât présente une surface exposée au troisième cône de pulvérisation.

Selon un autre mode de réalisation, la tour de chargement et/ou de déchargement peut également ne comporter que deux mâts verticaux reliés les uns aux autres par des traverses.

Selon un mode de réalisation, lorsque la tour de chargement et/ou de déchargement comporte trois mâts verticaux, la rampe de pulvérisation comporte exclusivement trois buses. Ceci permet d'optimiser le nombre de buses. Toutefois, selon d'autres modes de réalisation, la rampe de pulvérisation comporte un nombre de buses supérieur à trois.

Selon un mode de réalisation, les première et deuxième buses sont en outre agencées de telle sorte que ladite surface exposée de chacun des premier et deuxième mâts s'étend sur plus de 80 % de la hauteur dudit mât. De manière avantageuse, la troisième buse est en outre agencée de telle sorte que ladite surface du troisième mât s'étend sur plus de 80% de la hauteur dudit troisième mât. De manière avantageuse, la surface exposée de chacun des premier, deuxième et/ou troisième mâts s'étend sur plus de 90 % de la hauteur dudit mât. Ceci permet de

refroidir de manière sensiblement homogène les mâts sur une majeure partie de leur hauteur.

Selon un mode de réalisation, les première, deuxième et troisième buses sont en outre agencées de telle sorte que toutes les traverses disposées, dans une portion du prisme à section triangulaire s'étendant sur au moins 80 % de la hauteur des premier, deuxième et troisième mâts, présentent une surface exposée à un ou plusieurs des premier, deuxième et troisième cônes de pulvérisation. De manière avantageuse, toutes les traverses de la tour de chargement et/ou de déchargement présentent une surface exposée à un ou plusieurs des premier, deuxième et troisième cônes de pulvérisation.

Selon un mode de réalisation, la surface exposée à un ou plusieurs des premier, deuxième et troisième cônes de pulvérisation de chacune des traverses s'étend sur toute la longueur de ladite traverse.

Selon un mode de réalisation, le dispositif de pulvérisation de gaz liquéfié comporte une rampe de pulvérisation disposée à proximité de l'extrémité supérieure de la tour de chargement et/ou de déchargement et portant la première, la deuxième et la troisième buses.

Selon un mode de réalisation, la rampe de pulvérisation comporte une portion centrale et deux portions latérales qui sont inclinées par rapport à la portion centrale, la portion centrale et les deux portions latérales étant respectivement équipées des première, deuxième et troisième buses.

Selon un mode de réalisation, la portion centrale de la rampe de pulvérisation est disposée parallèlement à une face du prisme à section triangulaire définie par le deuxième et le troisième mâts et est centrée par rapport à un plan perpendiculaire à ladite première face et passant par le premier mât.

Selon un mode de réalisation, les portions latérales sont inclinées par rapport à la portion centrale de sorte à s'éloigner du premier mât.

Selon un mode de réalisation, la rampe de pulvérisation est disposée à l'extérieur du prisme à section triangulaire.

Selon un mode de réalisation, les première, deuxième et troisième buses sont positionnées de telle sorte que les première, deuxième et troisième directions centrales présentent chacune une composante horizontale, la composante horizontale de la première direction centrale étant orientée vers le premier mât, la composante horizontale de la deuxième direction centrale étant orientée vers une face du prisme à section triangulaire qui est définie par le premier et le deuxième mâts et la composante horizontale de la troisième direction centrale étant orientée vers une face du prisme à section triangulaire qui est définie par le premier et le troisième mâts.

Selon un mode de réalisation, les première, deuxième et troisième directions centrales forment chacune un angle β qui est compris entre 20 et 40° par rapport à la direction verticale.

Selon un mode de réalisation, les première, deuxième et troisième buses présentent chacune un angle de pulvérisation compris entre 50 et 80°.

Selon un mode de réalisation, les première, deuxième et troisième buses sont positionnées de telle sorte que la deuxième et la troisième directions centrales soient, en projection dans un plan horizontal, inclinées d'un angle compris entre 45 et 65° par rapport à la première direction centrale.

Selon un mode de réalisation, la première et la deuxième buses sont agencées pour projeter le gaz liquéfié respectivement à l'intérieur du premier et du deuxième mâts.

Selon un mode de réalisation, la troisième buse est agencée pour projeter le gaz liquéfié respectivement à l'intérieur du troisième mât.

Selon un mode de réalisation, la première et la deuxième buses sont chacune logées dans un raccord de piquage respectif débouchant à l'intérieur du premier ou du deuxième mât.

Selon un mode de réalisation, le premier et le deuxième mâts s'étendent respectivement coaxialement à un premier et à un deuxième axe central et la première et la deuxième directions centrales sont respectivement orientées parallèlement au premier et au deuxième axe central.

Selon un mode de réalisation, la première et la deuxième directions centrales sont respectivement orientées coaxialement au premier et au deuxième axe central.

Selon un mode de réalisation, le premier et le deuxième mâts présentent chacun une portion supérieure destinée à faire saillie au-dessus de la paroi de plafond de ladite cuve et les raccords de piquage débouchent chacun dans la portion supérieure de l'un des premier et deuxième mâts ou dans une portion coudée raccordée à ladite portion supérieure.

Selon un mode de réalisation, au moins l'un des premier, deuxième et troisième mâts est creux et est relié à une pompe de déchargement de manière à former une ligne de déchargement.

Selon un mode de réalisation, le deuxième et le troisième mâts sont alignés dans un plan transversal P1. Selon un mode de réalisation, le plan transversal P1 est parallèle à une paroi arrière de la cuve.

Selon un mode de réalisation, le deuxième mât et le troisième mâts sont alignés dans un plan transversal.

Selon un mode de réalisation, le deuxième et le troisième mâts sont creux et sont chacun reliés une pompe de déchargement de manière à former une ligne de déchargement.

Selon un mode de réalisation, la rampe de pulvérisation est reliée à une pompe apte à comprimer le gaz liquéfié sous une pression de fonctionnement comprise dans la plage d'utilisation des première, deuxième et troisième buses.

Selon un mode de réalisation, l'invention fournit également une cuve étanche et thermiquement isolante équipée d'une tour de chargement et/ou de déchargement précitée.

Selon un mode de réalisation, la cuve étanche et thermiquement isolante comporte un dôme liquide faisant saillie de la paroi de plafond vers le haut et présentant un couvercle, ladite tour de chargement et/ou de déchargement étant suspendue audit couvercle et la rampe de pulvérisation étant logée à l'intérieur dudit dôme liquide.

Selon un mode de réalisation, le dôme liquide est un dôme combiné qui comporte en outre une conduite collectrice de vapeur permettant de définir une voie de circulation de vapeur entre l'espace intérieur de la cuve et un collecteur de vapeur situé à l'extérieur de la cuve.

Une telle cuve peut faire partie d'une installation de stockage terrestre, par exemple pour stocker du GNL ou être installée dans une structure flottante, côtière ou en eau profonde, notamment un navire méthanier, une unité flottante de stockage et de regazéification (FSRU), une unité flottante de production et de stockage déporté (FPSO), les navires utilisant le GNL comme carburant, à savoir des navires dénommés LFS « LNG Fuelled Ships » et autres.

Selon un mode de réalisation, un navire pour le transport d'un fluide cryogénique comporte une coque et une cuve précitée disposée dans la coque.

Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi un procédé de chargement ou déchargement d'un tel navire, dans lequel on achemine un fluide à travers des canalisations isolées depuis ou vers une installation de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire.

Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi un système de transfert pour un fluide, le système comportant le navire précité, des canalisations isolées agencées de manière à relier la cuve installée dans la coque du navire à une installation de stockage flottante ou terrestre et une pompe pour entrainer un fluide à travers les canalisations isolées depuis ou vers l'installation de stockage flottante ou terrestre vers ou depuis la cuve du navire.

Brève description des figures

L'invention sera mieux comprise, et d'autres buts, détails, caractéristiques et avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement au cours de la description suivante de plusieurs modes de réalisation particuliers de l'invention, donnés uniquement à titre illustratif et non limitatif, en référence aux dessins annexés.

- **La figure 1** est une vue schématique partielle d'une cuve étanche et thermiquement isolante équipée d'une tour de chargement/déchargement.

- **La figure 2** est une vue de dessus de ladite tour de chargement/déchargement qui illustre le dispositif de pulvérisation du gaz liquéfié et représente de manière schématique les cônes de pulvérisation du gaz liquéfié générés par ledit dispositif de pulvérisation.

- **La figure 3** est une vue avant du dispositif de pulvérisation.

- **La figure 4** est une vue de dessus en coupe du dispositif de pulvérisation selon le plan IV-IV de la figure 3.

- **La figure 5** est une vue latérale du dispositif de pulvérisation.

- **La figure 6** est une représentation schématique écorchée d'une cuve de navire méthanier et d'un terminal de chargement/déchargement de cette cuve.

- **La figure 7** est une vue de dessus du couvercle du dôme liquide, les flèches illustrant schématiquement les buses d'un dispositif de pulvérisation de gaz liquéfié selon un autre mode de réalisation.

- **La figure 8** illustre la portion supérieure de l'un des mâts selon une variante du mode de réalisation de la figure 7.

- **La figure 9** est une illustration schématique représentant l'agencement d'une buse au niveau de la portion supérieure du mât de la figure 8.

- **La figure 10** est une illustration schématique représentant l'agencement d'une buse par rapport à la portion supérieure d'un mât selon une autre variante de réalisation.

Description détaillée de modes de réalisation

Par convention, sur les figures, un repère orthonormé défini par deux axes x et y est utilisé pour décrire les éléments de la tour de chargement et/ou de déchargement et de la cuve. L'axe x correspond à une direction longitudinale et l'axe y correspond à un axe transversal perpendiculaire à la direction longitudinale. Selon un mode de réalisation, lorsque la tour de chargement et/ou de déchargement est destinée à être implantée dans un navire, l'axe x correspond avantageusement à la direction longitudinale du navire.

En relation avec la figure 1, l'on observe partiellement une cuve 1 étanche et thermiquement isolante de stockage de gaz liquéfié qui est équipée d'une tour 2 de chargement et/ou de déchargement permettant notamment de charger le gaz liquéfié dans la cuve 1 et/ou de le décharger. Le gaz liquéfié peut notamment être un gaz naturel liquéfié (GNL), c'est-à-dire un mélange gazeux comportant majoritairement du méthane ainsi qu'un ou plusieurs autres hydrocarbures, tels que l'éthane, le propane, le n-butane, le i-butane, le n-pentane le i-pentane, le néopentane, et de l'azote en faible proportion.

La cuve 1 est ancrée dans une structure porteuse 3. La structure porteuse 3 est par exemple formée par la double coque d'un navire mais peut plus généralement être formée de tout type de cloison rigide présentant des propriétés mécaniques appropriées. La cuve 1 peut être destinée au transport de gaz liquéfié ou à recevoir du gaz liquéfié servant de carburant pour la propulsion du navire.

Selon un mode de réalisation, la cuve 1 est une cuve à membranes. Dans une telle cuve 1, chaque paroi présente successivement, de l'extérieur vers l'intérieur, selon la direction d'épaisseur de la paroi, une barrière thermiquement isolante secondaire 4 reposant contre la structure porteuse 3, une membrane d'étanchéité secondaire 5 ancrée sur la barrière thermiquement isolante secondaire 4, une barrière thermiquement isolante primaire 6 reposant contre la membrane d'étanchéité secondaire 5 et une membrane d'étanchéité primaire 7 ancrée sur la barrière thermiquement isolante primaire 7 et destinée à être en contact avec le fluide contenu dans la cuve. A titre d'exemple, chaque paroi peut notamment être de type Mark III, tel que décrit par exemple dans FR2691520, de type NO96 tel que décrit par exemple dans FR2877638, ou de type Mark V tel que décrit par exemple dans WO14057221.

La tour 2 est installée au voisinage de la paroi arrière 8 de la cuve 1, ce qui permet d'optimiser la quantité de cargaison susceptible d'être déchargée par la tour 2 dans la mesure où les navires sont généralement penchés vers l'arrière en utilisant les ballasts de façon particulière.

La tour 2 est suspendue à une paroi de plafond 9 de la structure porteuse 3. Sur la figure 1, la paroi de plafond 9 de la structure porteuse comporte, à proximité de la paroi arrière, un espace, de forme parallélépipédique rectangle, en saillie vers

le haut, appelé dôme liquide 10. Le dôme liquide est défini par deux parois transversales, avant et arrière, et par deux parois latérales qui s'étendent verticalement et font saillie de la paroi de plafond 9 vers le haut. Le dôme liquide 10 comporte en outre un couvercle 35 horizontal auquel la tour 2 est suspendue. Selon un mode de réalisation, le dôme liquide est un dôme combiné, c'est-à-dire qu'il comporte en outre une conduite collectrice de vapeur permettant de définir une voie de circulation de vapeur entre l'espace intérieur de la cuve 1 et un collecteur de vapeur situé à l'extérieur de la cuve.

La tour 2 s'étend sur sensiblement toute la hauteur de la cuve 1. En relation avec les figures 1 et 2, l'on observe que la tour 2 comporte une structure tripode, c'est-à-dire qu'elle comporte trois mâts 11, 12, 13 verticaux, qui sont chacun fixés les uns aux autres par des traverses 14. Chacun des mâts 11, 12, 13 est creux et traverse le couvercle 11 du dôme liquide 10.

Les trois mâts 11, 12, 13 définissent avec les traverses 14 un prisme à section triangulaire. Selon un mode de réalisation, les trois mâts 11, 12, 13 sont disposés à égale distance les uns des autres de sorte que la section du prisme est un triangle équilatéral. De manière avantageuse, les trois mâts 11, 12, 13 sont disposés de telle sorte qu'au moins l'une des faces du prisme s'étende dans un plan transversal P1 qui est parallèle à la paroi arrière 8 de la cuve 1. En d'autres termes, deux des mâts 12, 13 sont alignés dans le plan transversal P1. Plus particulièrement, les deux mâts 12, 13 qui sont alignés dans le plan transversal P1 sont les deux mâts arrière, c'est-à-dire les plus proches de la paroi arrière 8 de la cuve 1.

Le mât 11 avant présente un diamètre plus important que les deux mâts 12, 13 arrière. Le mât 11 avant forme un puit permettant la descente d'une pompe et d'une ligne de déchargement. La pompe descendue via le mât 11 est par exemple une pompe de secours en cas de défaillance des autres pompes de déchargement ou une pompe classique, ce qui facilite la maintenance de ladite pompe. Les deux mâts 12, 13 arrière sont structurels et peuvent chacun être reliés à une pompe de déchargement 15 et former une ligne de déchargement.

Par ailleurs, dans le mode de réalisation représenté, la tour 2 est également équipée de deux lignes de chargement 16, 17 qui sont fixées au mât 13 avant. L'une des deux lignes de chargement 16, s'étend uniquement dans la portion supérieure de

la cuve 1 tandis que l'autre ligne de chargement 17 s'étend sensiblement sur toute la hauteur de la cuve 1 jusqu'à proximité de la paroi de fond 18 de la cuve 1.

La tour 2 est également équipée d'un dispositif de pulvérisation, représenté de manière détaillée sur les figures 2 à 5, qui vise à pulvériser du gaz liquéfié sur la tour de manière à la refroidir. Ainsi, un tel dispositif de pulvérisation permet de refroidir les mâts 11, 12, 13, notamment avant et pendant que du gaz liquéfié est déchargé de la cuve au travers d'un ou plusieurs des mâts 11, 12, 13 ou pendant l'étape de mise en froid de la cuve 1 préalable à son chargement de manière à assurer une certaine homogénéité des gradients de températures auxquels sont soumis les trois mâts 11, 12, 13. Ceci permet de limiter les contraintes mécaniques susceptibles de s'exercer sur les traverses 14 en raison des différences de contraction thermiques des mâts 11, 12, 13.

Le dispositif de pulvérisation comporte une rampe de pulvérisation 19 qui est raccordée à l'extrémité d'une conduite d'amenée 20, représentée sur la figure 3, destinée à être alimentée en gaz liquéfié. Dans le mode de réalisation représenté, la conduite d'amenée 20 traverse le couvercle 35 du dôme liquide 10. En outre, dans le mode de réalisation représenté, la conduite d'amenée 20 est logée dans une gaine 21 qui traverse de manière étanche le couvercle 35 du dôme liquide 10. La gaine 21 présente une paroi de couvercle 22 qui est équipée d'un raccord 23 qui permet de raccorder, d'une part, le conduit d'amenée 20 et, d'autre part, une autre conduite amont 24 reliée à une pompe 25, représentée de manière schématique sur les figures 3 et 5. Selon un mode de réalisation, la pompe 25 qui est associée à la conduite amont 24 et assure l'alimentation en gaz liquéfié sous pression est disposée, à l'intérieur de la cuve 1, à proximité de sa paroi de fond 18 et permet ainsi de pomper le talon de gaz liquéfié restant dans la cuve 1. Selon d'autres modes de réalisation, l'alimentation en gaz liquéfié du dispositif de pulvérisation peut être assurée au moyen d'une pompe 25 immergée dans une autre cuve. La pompe 25 est apte à comprimer le gaz liquéfié sous une pression de fonctionnement comprise dans la plage d'utilisation des buses 26, 27, 28 qui seront décrites ci-dessous, c'est-à-dire la plage d'utilisation permettant d'atteindre les angles de pulvérisation mentionnés ci-dessous. A titre d'exemple, la pression relative d'utilisation du dispositif de pulvérisation est comprise entre 100 et 600 kPa (kilo Pascals), de préférence entre 200 et 300 kPa.

La rampe de pulvérisation 19 est disposée à proximité de l'extrémité supérieure de la tour 2. Plus particulièrement, lorsque la cuve 1 est équipée d'un dôme liquide 10 faisant saillie vers le haut par rapport à la paroi de plafond 9, la rampe de pulvérisation 19 est avantageusement logée à l'intérieur dudit dôme liquide 10.

Comme représentée sur les figures 3 et 4, la rampe de pulvérisation 19 s'étend dans un plan horizontal et comporte une portion centrale 29 qui s'étend selon une direction transversale et deux portions latérales 30, 31 qui sont inclinées vers l'arrière d'un angle α. L'angle α est avantageusement compris entre 45 et 65°. En d'autres termes, la rampe de pulvérisation 19 présente, vue dans un plan horizontal, une forme générale de C dirigée vers la paroi arrière de la cuve 1. La rampe de pulvérisation 19 comporte également trois buses 26, 27, 28 qui sont respectivement associées à la portion centrale 29 et à l'une et à l'autre des deux portions latérales 30, 31.

Chacune des trois buses 26, 27, 28 présente une direction centrale d1, d2, d3 et est apte à projeter le gaz liquéfié selon un cône de pulvérisation orienté selon la direction centrale d1, d2, d3 correspondante. Chacune des directions centrales d1, d2, d3 est orientée perpendiculairement à la portion centrale 29 ou latérale 30, 31 à laquelle ladite buse 26, 27, 28 correspondante est associée. Ainsi, les directions centrales d2 et d3, sont inclinées par rapport à la direction centrale d1, en projection dans un plan horizontal, d'un angle correspondant à l'angle α précité. Chaque direction centrale d1, d2, d3 présente une composante verticale orientée vers l'extrémité inférieure de la tour 2 et une composante longitudinale horizontale dirigée vers l'avant.

Dans le mode de réalisation représenté, la direction centrale de chacune des trois buses 26, 27, 28 est orientée d'un angle β qui est compris entre 20 et 40°, par exemple de l'ordre de 20° par rapport à la direction verticale.

Par ailleurs, comme représenté sur la figure 2, la composante horizontale de la direction centrale d1 est orientée vers le mât 11, la composante horizontale de la direction centrale d2 est orientée vers la face de prisme à section triangulaire définie par les mâts 11, 12 et la composante horizontale de la direction centrale d3 est orientée vers la face de prisme à section triangulaire définie par les mâts 11, 13.

Par ailleurs, les buses 26, 27, 28 présentent avantageusement un angle de pulvérisation compris entre 50 et 80°, par exemple de l'ordre de 70°.

Comme représenté sur les figures 1 et 2, la rampe de pulvérisation 19 est sensiblement centrée par rapport à l'axe longitudinal de symétrie du prisme. En d'autres termes, l'axe longitudinal passant par l'axe du mât 13 traverse la portion centrale 29 de la rampe de pulvérisation 19. En outre, la rampe de pulvérisation 19 est disposée légèrement derrière le plan transversal P1 passant par l'axe central des deux mâts 12, 13 arrière, ce qui permet d'assurer une pulvérisation de gaz liquéfié sur les traverses reliant les mâts 12, 13 arrière.

Il convient d'observer que pour faciliter l'observation des trois cônes de pulvérisation et leur position relative par rapport aux mâts de la tour, seule la portion supérieure des cônes de pulvérisation 32, 33, 34 est représentée sur les figures 1 et 2. Ainsi, lorsque l'on prolonge vers le bas la portion supérieure du cône de pulvérisation 32 délivré par la buse 26 associée à la portion centrale 29 de la rampe de pulvérisation 19, l'on constate sur ces figures que le mât 11 avant est également atteint par ledit cône de pulvérisation 32.

Ainsi, on observe que les trois buses 26, 27, 28 sont agencées pour projeter du gaz liquéfié selon trois cônes de pulvérisation 32, 33, 34 qui atteignent respectivement, le mât 11, le mât 12 et le mât 13.

Par ailleurs, l'on observe que la disposition, l'orientation et les angles de pulvérisation des buses 26, 27, 28 sont telles que chacun des trois mâts 11, 12, 13 présente une surface exposée à l'un des cônes de pulvérisation 32, 33, 34 qui s'étend sur plus de 80 %, et avantageusement sur plus de 90 % de la hauteur dudit mât 11, 12, 13. Ceci permet de refroidir de manière sensiblement homogène les mâts 11, 12, 13 sur une majeure partie de leur hauteur.

De plus, les trois cônes de pulvérisation 32, 33, 34 sont également positionnées de manière à ce que toutes les traverses 14 qui relient les mâts 11, 12, 13 sur une portion du prisme triangulaire correspondant à au moins 80 % de la hauteur des mâts 11, 12, 13 présentent une surface exposée à un ou plusieurs des cônes de pulvérisation 32, 33, 34. De manière avantageuse, toutes les traverses 14 de la tour 2 présente une surface exposée à un ou plusieurs des cônes de

pulvérisation. En outre, la surface exposée à un ou plusieurs cônes de pulvérisation 32, 33, 34 de chacune des traverses 14 s'étend avantageusement sur toute la longueur desdites traverses 14.

Bien évidemment, d'autres structures et dispositions équivalentes de la rampe de pulvérisation 19 sont envisageables pour autant qu'elles permettent d'obtenir les caractéristiques précitées de positionnement des cônes de pulvérisation 32, 33, 34 par rapport aux mâts 11, 12, 13 et traverses 14. En particulier, selon d'autres modes de réalisation, non illustrés, la disposition de la rampe de pulvérisation 19 peut être pivotée d'un angle de 120° autour de l'axe central du prisme à section triangulaire.

En relation avec les figures 7 à 9, on décrit ci-dessous un dispositif de pulvérisation de gaz liquéfié selon un autre mode de réalisation.

Comme représenté sur la figure 7, les mâts 11, 12, 13 présentent une portion supérieure qui fait saillie vers le haut à l'extérieur de la structure porteuse de la cuve 1 et plus particulièrement à l'extérieur du couvercle 35 du dôme liquide 10. La portion supérieure des mâts 11, 12, 13 est raccordée à un réseau de déchargement du gaz liquéfié 39 par une ou plusieurs portions coudées 40, 41, 42. Dans ce mode de réalisation, le dispositif de pulvérisation de gaz liquéfié comporte trois buses 36, 37 38, représentées schématiquement par des flèches sur la figure 7, qui permettent chacune d'injecter du gaz liquéfié dans l'espace interne de l'un des trois mâts 11, 12, 13. Les trois buses 36, 37 38 sont disposées au droit de la portion supérieure des mâts 11, 12, 13 faisant saillie à l'extérieur du couvercle 35 du dôme liquide 7. Les trois buses 36, 37, 38 sont chacune reliées à un conduit d'amenée 43 qui est relié à une pompe, non représentée. La pompe peut être immergée dans la cuve 1, dans une autre cuve ou être associée au terminal de chargement destiné à assurer le chargement de la cuve 1 en gaz liquéfié.

En relation avec les figures 8 et 9, on observe l'agencement d'une buse 36, 37, 38 selon une variante de réalisation permettant d'injecter du gaz liquéfié dans l'espace interne des mâts 11, 12, 13. La buse 36, 37, 38 est montée dans un raccord de piquage 43 de forme tubulaire qui débouche dans une portion coudée 40, 41, 42 raccordant l'extrémité d'un mât 11, 12, 13 au réseau de déchargement du gaz liquéfié. Dans le mode de réalisation représenté, le raccord de piquage 43 est disposé au droit

du mât 11, 12, 13 et orienté verticalement. En outre, de manière avantageuse, la raccord de piquage 43 s'étend dans le prolongement de l'axe central A dudit mât 11, 12, 13. Aussi, de manière avantageuse, comme représenté sur la figure 9, la direction centrale d1, d2, d3 de projection de la buse 36, 37, 38 est coaxiale à l'axe central A dudit mât 11, 12, 13. Ceci permet d'assurer une excellente homogénéité du refroidissement du mât 11, 12, 13. Dans ce mode de réalisation, les buses 36, 37, 38 présentent avantageusement un angle de pulvérisation compris entre 45 et 90°, par exemple de l'ordre de 60°.

Un tel agencement est notamment avantageux en ce que le dispositif de pulvérisation de gaz liquéfié est agencé à l'extérieur de la cuve, ce qui facilite son installation.

De manière avantageuse, la buse 36, 37, 38 ne fait pas ou peu saillie à l'intérieur de la portion coudée 40, 41, 42 de manière à subir le moins d'effort possible lorsque du gaz liquéfié est déchargé au travers dudit mât 11, 12, 13. En d'autres termes, la buse 36, 37, 38 ne fait pas saillie à l'extérieur du raccord tubulaire ou fait saillie d'une distance inférieure à 10 cm à l'intérieur de la portion coudée 40, 41, 42.

Le raccord de piquage 43 comporte une bride de fixation annulaire 44 contre laquelle une bride annulaire 45 solidaire de la buse 36, 37, 38 vient se fixer. De manière avantageuse, les brides annulaires 44, 45 sont fixées l'une à l'autre au moyen d'organe de fixation amovibles, tels que de vis passant au travers d'orifices ménagés dans les brides annulaires 44, 45. Un tel montage amovible de la buse 36, 37, 38 dans le raccord de piquage 43 permet à la buse 36, 37, 38 d'être démontée en vue d'opérations d'inspection et de maintenance.

La figure 10 illustre l'agencement d'une buse 36, 37, 38 selon une autre variante de réalisation. Dans ce mode de réalisation, la raccord de piquage 43 débouche directement dans la portion supérieure du mât 11, 12, 13 qui fait saillie au-dessus du couvercle 35 du dôme liquide 10. Dans ce cas, le raccord de piquage 43 ne peut être disposé coaxialement à l'axe central A du mât 11, 12, 13 et est par conséquent disposé perpendiculairement (cette disposition n'étant pas représentée sur les figures annexées) ou de manière incliné par rapport à l'axe central A du mât 11, 12, 13. De manière avantageuse, la direction centrale d1, d2, d3 de la buse 36, 37, 38 est orientée parallèlement à l'axe central A du mât 11, 12, 13. Toutefois, afin

de ne pas faire saillie de manière trop importante à l'intérieur du mât 11, 12, 13 et limiter ainsi les efforts susceptibles d'être exercés sur la buse 36, 37, 38 lorsque du gaz liquéfié est déchargé au travers dudit mât 11, 12, 13.

La technique décrite ci-dessus pour réaliser une tour de chargement et/ou de déchargement peut être utilisée dans différents types de cuves étanches et thermiquement isolantes, par exemple pour une cuve de GNL dans une installation terrestre ou dans un ouvrage flottant comme un navire méthanier ou autre.

En référence à la figure 6, une vue écorchée d'un navire méthanier 70 montre une cuve étanche et isolée 71 de forme générale prismatique montée dans la double coque 72 du navire. La paroi de la cuve 71 comporte une barrière étanche primaire destinée à être en contact avec le GNL contenu dans la cuve, une barrière étanche secondaire agencée entre la barrière étanche primaire et la double coque 72 du navire, et deux barrières isolante agencées respectivement entre la barrière étanche primaire et la barrière étanche secondaire et entre la barrière étanche secondaire et la double coque 72.

De manière connue en soi, des canalisations de chargement/déchargement 73 disposées sur le pont supérieur du navire peuvent être raccordées, au moyen de connecteurs appropriés, à un terminal maritime ou portuaire pour transférer une cargaison de GNL depuis ou vers la cuve 71.

La figure 6 représente un exemple de terminal maritime comportant un poste de chargement et de déchargement 75, une conduite sous-marine 76 et une installation à terre 77. Le poste de chargement et de déchargement 75 est une installation fixe off-shore comportant un bras mobile 74 et une tour 78 qui supporte le bras mobile 74. Le bras mobile 74 porte un faisceau de tuyaux flexibles isolés 79 pouvant se connecter aux canalisations de chargement/déchargement 73. Le bras mobile 74 orientable s'adapte à tous les gabarits de méthaniers. Une conduite de liaison non représentée s'étend à l'intérieur de la tour 78. Le poste de chargement et de déchargement 75 permet le chargement et le déchargement du méthanier 70 depuis ou vers l'installation à terre 77. Celle-ci comporte des cuves de stockage de gaz liquéfié 80 et des conduites de liaison 81 reliées par la conduite sous-marine 76 au poste de chargement ou de déchargement 75. La conduite sous-marine 76 permet le transfert du gaz liquéfié entre le poste de chargement ou de déchargement 75 et

l'installation à terre 77 sur une grande distance, par exemple 5 km, ce qui permet de garder le navire méthanier 70 à grande distance de la côte pendant les opérations de chargement et de déchargement.

Pour engendrer la pression nécessaire au transfert du gaz liquéfié, on met en œuvre des pompes embarquées dans le navire 70 et/ou des pompes équipant l'installation à terre 77 et/ou des pompes équipant le poste de chargement et de déchargement 75.

Bien que l'invention ait été décrite en liaison avec plusieurs modes de réalisation particuliers, il est bien évident qu'elle n'y est nullement limitée et qu'elle comprend tous les équivalents techniques des moyens décrits ainsi que leurs combinaisons si celles-ci entrent dans le cadre de l'invention.

L'usage du verbe « comporter », « comprendre » ou « inclure » et de ses formes conjuguées n'exclut pas la présence d'autres éléments ou d'autres étapes que ceux énoncés dans une revendication.

Dans les revendications, tout signe de référence entre parenthèses ne saurait être interprété comme une limitation de la revendication.