

Description

Titre de l'invention : Système anti-surpression pour réservoir cryogénique.

[0001] L'invention est relative au domaine du stockage cryogénique des fluides, tels par exemple que l'hydrogène (H₂). Ainsi, par exemple, pour pouvoir être stocké à l'état liquide, l'hydrogène doit être stocké à une température d'environ -253°C. Comme représenté sur la [Fig.1], un réservoir 1 permettant le stockage cryogénique d'un fluide comporte généralement une enveloppe interne 12 prévue pour contenir le fluide, ainsi qu'une enveloppe externe 16 entourant l'enveloppe interne. Un isolant thermique 14 est disposé entre les deux enveloppes de façon à limiter les apports de chaleur vers le fluide contenu dans le réservoir. Une canalisation 20, permettant d'acheminer le fluide vers au moins un système utilisateur, est raccordée au réservoir 1. Le fluide est stocké à température cryogénique, donc à l'état liquide, dans un volume inférieur 4 du réservoir. Même avec une très bonne isolation thermique entre les deux enveloppes interne et externe, il existe un apport de chaleur de l'air ambiant vers le fluide contenu dans le réservoir. Il en résulte une évaporation, à l'intérieur du réservoir, d'une partie du fluide contenu dans le réservoir et donc une augmentation de la pression à l'intérieur du réservoir, en particulier lorsque le système utilisateur ne prélève pas de gaz par la canalisation 20. Le fluide évaporé est contenu, à l'état gazeux, dans un volume supérieur 5 du réservoir. Pour des raisons de tenue structurelle de l'enveloppe interne 12 du réservoir, la pression à l'intérieur du réservoir doit être limitée à un premier seuil de pression P₁ prédéterminé. La [Fig.2] illustre l'évolution de la pression P à l'intérieur de l'enveloppe interne de réservoir en fonction du temps t. Du fait de l'évaporation précitée, la pression à l'intérieur du réservoir atteint le premier seuil de pression P₁ à un instant t₁. Pour limiter la pression à l'intérieur du réservoir, une première solution connue consiste à équiper le réservoir d'une vanne anti-surpression 24 active qui s'ouvre automatiquement lorsque la pression dans le réservoir atteint le premier seuil de pression P₁ et qui contrôle le débit de gaz qu'elle laisse sortir du réservoir, de façon à ce que la pression dans le réservoir reste égale à ce premier seuil de pression tant qu'il reste suffisamment de fluide dans le réservoir, comme représenté par la courbe 30 en trait continu. La vanne 24 est par exemple installée sur une canalisation 22 prévue pour évacuer du gaz en cas de surpression. Cette première solution présente toutefois des inconvénients : le fonctionnement de la vanne nécessite que celle-ci soit alimentée en permanence ; une fois que la pression dans le réservoir atteint le premier seuil de pression P₁, il existe un débit permanent de rejet de gaz vers l'extérieur du réservoir, ce qui peut poser un problème de sécurité lorsque le gaz est in-

flammable ; la vanne peut être complexe, en particulier lorsque le débit permanent de gaz que la vanne doit laisser sortir du réservoir est peu élevé. Une deuxième solution connue consiste à équiper le réservoir d'une vanne anti-surpression passive 24 qui s'ouvre automatiquement lorsque la pression dans le réservoir atteint le premier seuil de pression P1. La courbe 32 en traits pointillés représente la pression correspondant à cette deuxième solution. L'ouverture de la vanne 24 a pour effet de permettre de rejeter à l'extérieur du réservoir une partie du gaz correspondant au fluide évaporé. Il en résulte une diminution de la pression à l'intérieur du réservoir comme illustré par la courbe 32. Lorsque la pression atteint à la baisse un deuxième seuil de pression P2 prédéterminé, la vanne anti-surpression se referme automatiquement. Cette deuxième solution présente toutefois des inconvénients : lorsque la vanne est ouverte, le débit de gaz dans la vanne est élevé ; le principe de fonctionnement de la vanne anti-surpression induit des variations de pression dans le réservoir, entre les seuils de pression P1 et P2, qui peuvent induire une fatigue de l'enveloppe interne 12 ; le fait de faire baisser la pression dans le réservoir jusqu'au deuxième seuil de pression P2 entraîne des pertes de gaz inutiles. Ce dernier phénomène est illustré sur la [Fig.3] qui représente l'évolution de la masse de fluide M dans le réservoir en fonction du temps t. La courbe 34 en trait continu correspond à la première solution et la courbe 36 en traits pointillés correspond à la deuxième solution. L'intégrale par rapport au temps de l'aire comprise entre les deux courbes 34 et 36 représente la masse de fluide perdue du fait du fonctionnement correspondant à la deuxième solution, par rapport à la première solution.

Exposé de l'invention

[0002] La présente invention a notamment pour but d'apporter une solution à ce problème. Elle concerne un système anti-surpression pour réservoir cryogénique. Ce système anti-surpression est remarquable en ce qu'il comprend un réservoir tampon ainsi qu'une première vanne anti-surpression installée en série sur une canalisation entre le réservoir cryogénique et le réservoir tampon, et en ce que le réservoir tampon est raccordé à une deuxième vanne anti-surpression,

[0003] - la première vanne anti-surpression étant une vanne active, c'est-à-dire une vanne contrôlée de telle façon que lorsque la pression dans le réservoir cryogénique atteint une valeur de pression prédéterminée, la vanne laisse sortir du réservoir un débit de gaz tel qu'il permet de maintenir la pression à cette valeur de pression prédéterminée dans le réservoir ; et

[0004] - la deuxième vanne anti-surpression étant une vanne passive, c'est-à-dire une vanne qui s'ouvre automatiquement lorsque la pression dans le réservoir tampon atteint à la hausse un premier seuil de pression et qui se referme automatiquement lorsque la pression dans le réservoir tampon atteint à la baisse un deuxième seuil de pression pré-

déterminé.

[0005] Ainsi, les pertes de fluide dans le réservoir dues au système anti-surpression sont limitées au strict nécessaire pour limiter la pression dans le réservoir à la valeur de pression prédéterminée. De plus, l'évacuation de gaz vers l'extérieur du système est limitée aux instants d'ouverture de la deuxième vanne. Cela présente l'avantage d'éviter un risque permanent d'inflammation du gaz évacué lorsque ce gaz est inflammable, tel par exemple l'hydrogène.

[0006] Selon différents modes de réalisation pouvant être pris isolément ou en combinaison :

[0007] - la valeur du deuxième seuil de pression est comprise entre 0,5 et 2 bars ;

[0008] - le système anti-surpression comprend une canalisation d'évacuation de gaz raccordée au réservoir tampon et la deuxième vanne est installée en série sur cette canalisation d'évacuation de gaz ;

[0009] - la valeur du premier seuil de pression est inférieure à la valeur de pression prédéterminée.

[0010] L'invention est également relative à un système de stockage cryogénique de fluide comprenant un réservoir cryogénique ainsi qu'un tel système anti-surpression.

Description des modes de réalisation

[0011] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit et à l'examen des figures annexées.

[0012] La [Fig.1], déjà décrite, est une vue schématique d'un réservoir cryogénique selon l'art antérieur.

[0013] La [Fig.2], déjà décrite, illustre l'évolution de la pression dans le réservoir cryogénique de la [Fig.1], en fonction du temps.

[0014] La [Fig.3], déjà décrite, illustre l'évolution de la masse de fluide dans le réservoir cryogénique de la [Fig.1], en fonction du temps.

[0015] La [Fig.4] est une vue schématique d'un système de stockage cryogénique de fluide comprenant un système anti-surpression conforme à un mode de réalisation de l'invention.

[0016] Le système anti-surpression 40 représenté sur la [Fig.4] comprend un réservoir tampon 45 relié au réservoir cryogénique 1 par une canalisation 42 sur laquelle est installée en série une première vanne anti-surpression 44. Le réservoir tampon 45 est également raccordé à une deuxième vanne anti-surpression 48. De façon avantageuse, la deuxième vanne anti-surpression 48 est installée en série sur une canalisation 46 d'évacuation de gaz raccordée au réservoir tampon. La première vanne anti-surpression 44 est une vanne active, c'est-à-dire une vanne contrôlée par un contrôleur 43 de telle façon que lorsque la pression dans le réservoir cryogénique 1 atteint une valeur de pression prédéterminée, la vanne laisse sortir du réservoir un débit de gaz tel

qu'il permet de maintenir la pression à cette valeur de pression prédéterminée dans le réservoir. Cette valeur de pression prédéterminée correspond avantageusement au seuil de pression P1 précité auquel la valeur de la pression à l'intérieur du réservoir doit être limitée. La deuxième vanne anti-surpression 48 est une vanne passive, c'est-à-dire une vanne qui s'ouvre automatiquement lorsque la pression dans le réservoir tampon 45 atteint à la hausse un premier seuil de pression et qui se referme automatiquement lorsque la pression dans le réservoir tampon atteint à la baisse un deuxième seuil de pression prédéterminé.

[0017] En fonctionnement, lorsque la pression dans le réservoir cryogénique 1 atteint la valeur de pression prédéterminée, par exemple la valeur P1, le contrôleur 43 commande une ouverture de la première vanne anti-surpression 44 permettant de maintenir la pression dans le réservoir cryogénique 1 à cette valeur de pression. Pour cela, de préférence le contrôleur 43 commande un taux d'ouverture de la première vanne anti-surpression 44. De façon avantageuse, le système anti-surpression 40 comprend un capteur de pression prévu pour mesurer la pression dans le réservoir cryogénique 1. Ce capteur de pression est par exemple installé dans le réservoir cryogénique 1 ou dans la canalisation 42, ou encore intégré à la première vanne anti-surpression 44. Ce capteur de pression est relié au contrôleur 43 qui contrôle de façon répétitive le taux d'ouverture de la première vanne anti-surpression 44 en fonction de mesures de pression fournies par le capteur de pression, de façon à maintenir la pression dans le réservoir cryogénique 1 à ladite valeur prédéterminée de pression, par exemple la valeur P1. A partir du moment où la première vanne anti-surpression 44 est ouverte et tant que la deuxième vanne anti-surpression 48 est fermée, la pression dans le réservoir tampon 45 augmente au fil du temps. Lorsque la valeur de la pression dans le réservoir tampon 45 atteint le premier seuil de pression, la deuxième vanne anti-surpression 48 s'ouvre automatiquement étant donné qu'il s'agit d'une vanne passive. Afin de permettre l'évacuation du gaz contenu dans le réservoir cryogénique 1 via la première vanne anti-surpression 44, la valeur du premier seuil de pression est choisie inférieure à la valeur de pression prédéterminée, par exemple P1. Lorsque la valeur de la pression dans le réservoir tampon 45 atteint le deuxième seuil de pression, la deuxième vanne anti-surpression 48 se referme automatiquement. La pression dans le réservoir tampon 45 recommence alors à augmenter, jusqu'à atteindre à nouveau le premier seuil de pression auquel la deuxième vanne anti-surpression s'ouvre à nouveau. Le processus précité se répète tant qu'il reste suffisamment de fluide dans le réservoir cryogénique 1.

[0018] Le fonctionnement du système anti-surpression 40 présente l'avantage d'éviter des variations de pression répétitives dans le réservoir cryogénique 1 puisque la pression dans ce réservoir est régulée sensiblement à la valeur de pression prédéterminée. Cela

permet en outre d'éviter des pertes de gaz inhérentes à des ouvertures répétitives d'une vanne passive comme déjà décrit en référence à la [Fig.3]. De plus, les rejets de gaz vers l'extérieur via la canalisation d'évacuation 46 ne sont pas permanents, mais limités aux instants d'ouverture de la deuxième vanne anti-surpression 48. Cela permet de réduire fortement les risques de feu lorsque le gaz contenu dans le réservoir cryogénique 1 est un gaz inflammable tel que l'hydrogène, puisqu'un feu permanent n'est ainsi pas possible.

- [0019] De façon particulière, la valeur du deuxième seuil de pression de la deuxième vanne anti-surpression 48 est choisie proche de la pression atmosphérique, par exemple comprise entre 1 bar et 2 bars. Lorsque le réservoir cryogénique 1 est installé à bord d'un aéronef, la pression atmosphérique est parfois inférieure à 1 bar pendant le vol de l'aéronef, du fait de l'altitude. La valeur choisie pour le deuxième seuil de pression est alors comprise, par exemple, entre 0,5 bar et 2 bars. Le fait d'avoir une valeur de pression basse pour ce deuxième seuil de pression permet d'espacer le plus possible les instants d'ouverture de la deuxième vanne anti-surpression et donc de réduire encore les risques de feu.

Revendications

- [Revendication 1] 1) Système anti-surpression (40) pour réservoir cryogénique (1), caractérisé en ce qu'il comprend un réservoir tampon (45) ainsi qu'une première vanne anti-surpression (44) installée en série sur une canalisation (42) entre le réservoir cryogénique et le réservoir tampon, et en ce que le réservoir tampon est raccordé à une deuxième vanne anti-surpression (48),
- la première vanne anti-surpression (44) étant une vanne active, c'est-à-dire une vanne contrôlée de telle façon que lorsque la pression dans le réservoir cryogénique atteint une valeur de pression prédéterminée (P1), la vanne laisse sortir du réservoir un débit de gaz tel qu'il permet de maintenir la pression à cette valeur de pression prédéterminée dans le réservoir ; et
 - la deuxième vanne anti-surpression (48) étant une vanne passive, c'est-à-dire une vanne qui s'ouvre automatiquement lorsque la pression dans le réservoir tampon atteint à la hausse un premier seuil de pression et qui se referme automatiquement lorsque la pression dans le réservoir tampon atteint à la baisse un deuxième seuil de pression prédéterminé.
- [Revendication 2] 2) Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que la valeur du deuxième seuil de pression est comprise entre 0,5 et 2 bars.
- [Revendication 3] 3) Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend une canalisation (46) d'évacuation de gaz raccordée au réservoir tampon et la deuxième vanne (48) est installée en série sur cette canalisation d'évacuation de gaz.
- [Revendication 4] 4) Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la valeur du premier seuil de pression est inférieure à la valeur de pression prédéterminée (P1).
- [Revendication 5] 5) Système de stockage cryogénique de fluide comprenant un réservoir cryogénique (1), caractérisé en ce qu'il comprend un système anti-surpression (40) selon l'une quelconque des revendications précédentes.

[Fig. 1]

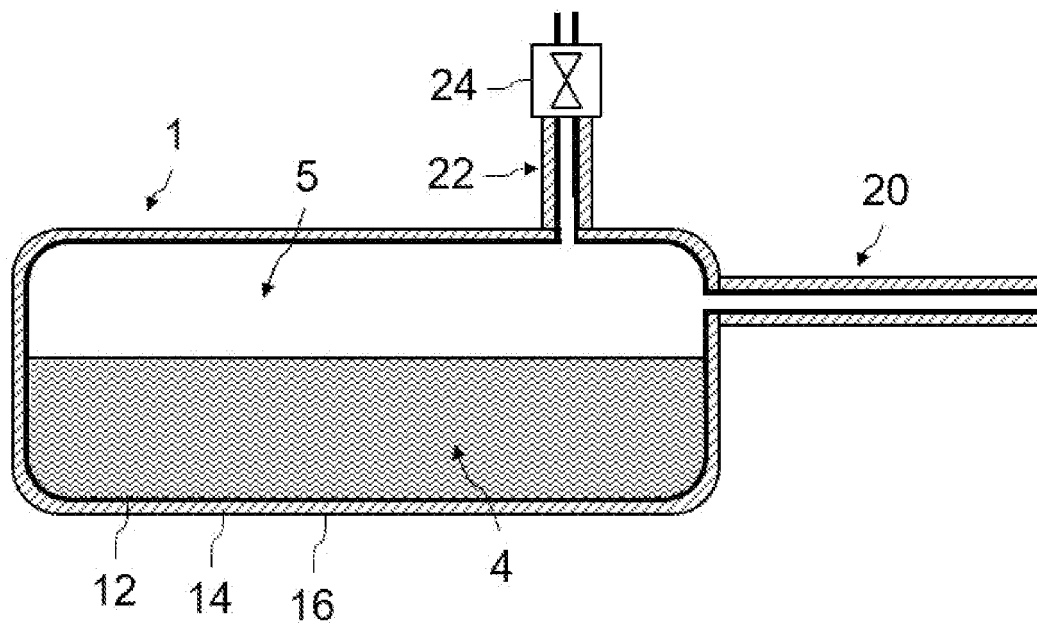


Fig. 1

[Fig. 2]

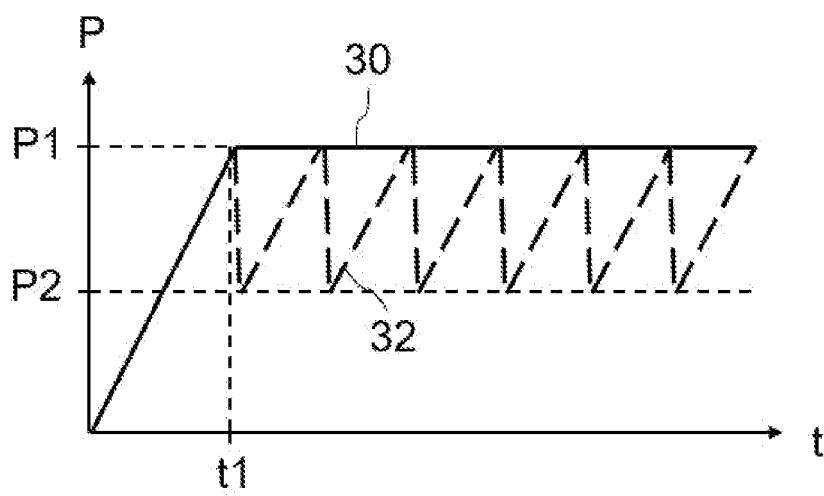


Fig. 2

[Fig. 3]

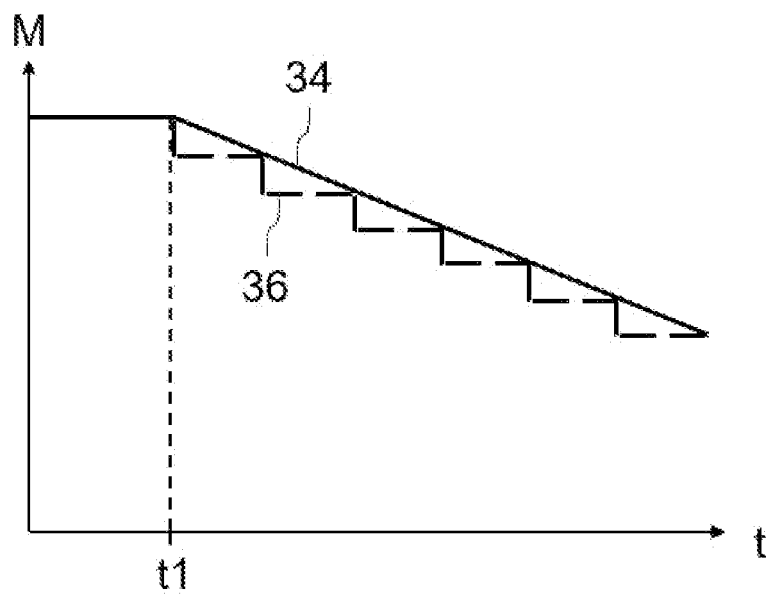


Fig. 3

[Fig. 4]

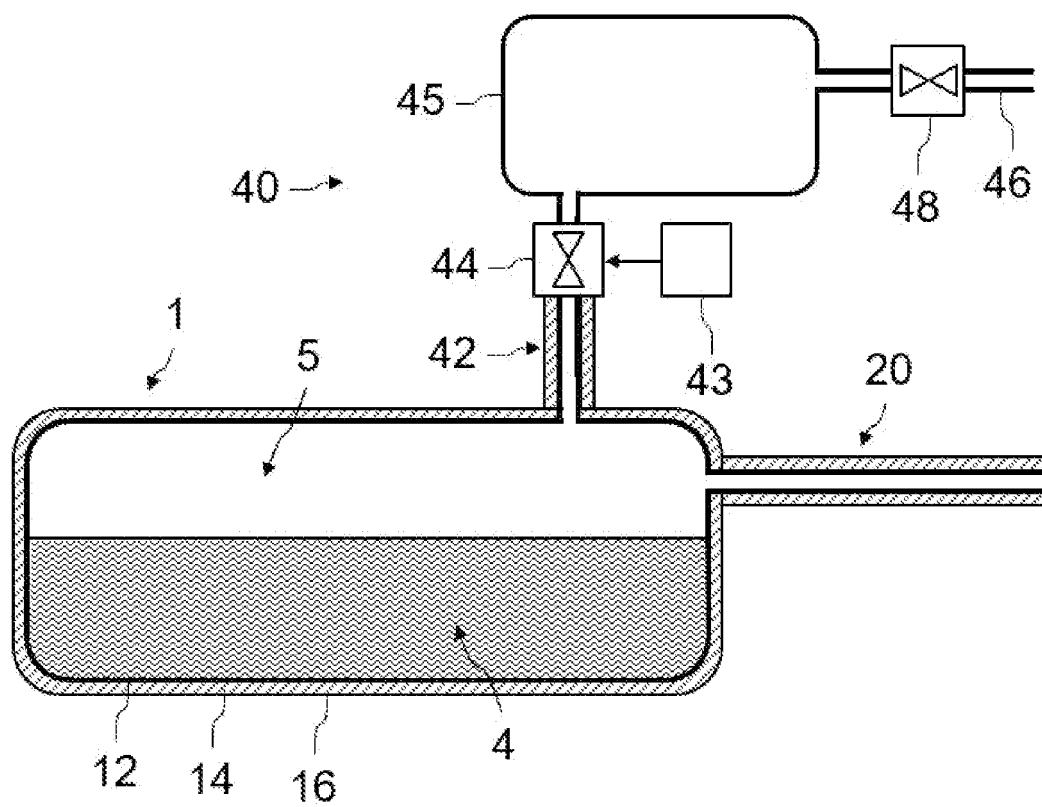


Fig. 4

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE **RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2207009 FA 910433**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
 Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **10-03-2023**
 Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 0031461 A1	02-06-2000	DE 19854581 A1	08-06-2000
		EP 1137895 A1	04-10-2001
		WO 0031461 A1	02-06-2000

DE 102018129507 A1	28-05-2020	AUCUN	

US 5540208 A	30-07-1996	AUCUN	
