

DISPOSITIF DE RETENUE D'UN RESERVOIR DANS UN AERONEF

Arrière plan de l'invention

Domaine de l'invention

La présente invention a pour objet un dispositif de retenue d'un réservoir dans un aéronef et plus particulièrement adapté au maintien de réservoirs d'ergols cryogéniques dans un fuselage d'aéronef tel qu'un avion et notamment un avion spatial. Un tel dispositif appelé dans la technique considérée "dispositif de supportage", est adapté notamment pour supporter des réservoirs de forme cylindrique ou conique alimentant en ergols un moteur fusée d'un avion spatial.

Elle apporte une solution aux applications nécessitant le transport de liquides cryogéniques dans des aéronefs dans des contraintes d'encombrement et de masse très sévères et dont les cycles d'utilisation et de contrôle nécessitent une dépose et un remontage des réservoirs dans des délais courts.

Elle trouve particulièrement son application pour des véhicules spatiaux qui emportent de grandes quantités d'ergols cryogéniques utilisés pour la propulsion fusée de ces véhicules et pour lesquels l'optimisation de la masse sèche est un enjeu du premier ordre.

Arrière plan technologique

Dans le domaine spatial, les réservoirs cryogéniques non structuraux d'étages de fusées sont classiquement interfacés avec la structure porteuse de l'étage les recevant via deux dispositifs de montage sous forme de jupes situées au dessus et au dessous du réservoir.

Ces dispositifs sont conçus pour autoriser des déplacements radiaux des points de fixation du réservoir induits par les déformations thermiques du réservoir cryogénique. L'interface supérieure autorise dans ce cadre des déplacements longitudinaux des points de fixation du réservoir alors que l'interface arrière ou inférieure est par contre fixe longitudinalement.

Ces dispositifs interface peuvent être des cônes ou des assemblages de bielles comme dans le cas de l'interface inter-réservoir de l'ESCA d'Ariane 5 tel que représenté en figure 1 demi vue en perspective pour laquelle un réservoir A est retenu par des bielles B sur une structure C ou peuvent aussi être des
5 assemblages de tôles de liaison.

Ces solutions comportant de nombreux éléments de liaisons permettent une bonne distribution des charges aux interfaces, mais ont pour inconvénients majeurs un impact non négligeable sur la masse du véhicule et de nécessiter des temps d'opérations élevés pour le montage et le démontage des interfaces.

10 En outre, les fixations pour lanceurs classiques sont conçues pour des efforts essentiellement orientés selon l'axe du réservoir, alors que pour un avion spatial, les efforts ne sont pas seulement selon cet axe mais aussi perpendiculairement à cet axe et en roulis. De ce fait, les solutions lanceurs ne sont pas applicables en tant que telles à un aéronef de type avion spatial.

15 Ces dispositifs interface ne sont toutefois pas particulièrement bien adaptés pour compenser les contraintes induites par des dilatations thermiques différentielles qui ne sont pas nulles. Ils causent en outre des pertes thermiques non négligeables.

Enfin, ces dispositifs ne sont pas ou peu applicables à des installations où
20 le volume disponible pour le dispositif de supportage est très réduit.

Dans le domaine du transport maritime, le document US 3 659 817 A décrit une solution de supportage d'un réservoir cryogénique qui consiste en un jeu de fixations, au moins 2x4 éléments de fixation, orientées tangentiellement à la peau du réservoir cryogénique et perpendiculairement à son axe principal, afin d'éviter
25 la génération de contraintes de flexion dans cette même peau sous l'effet des variations d'orientations des charges dues aux mouvements continuels d'un bateau en mer.

Ce document ne décrit pas de moyens adaptés à reprendre les charges longitudinales suivant l'axe principal réservoir. En outre, les mouvements
30 récurrents considérés sont d'une amplitude moindre par rapport à ce que rencontrerait par exemple un avion spatial entre la phase aéronautique et la phase spatiale, en particulier en tenant compte des exigences de certification aéronautiques. Enfin, certains des dispositifs de supportage proposés pour

homogénéiser les contraintes peuvent se révéler très pénalisants en masse lorsqu'appliqués à des réservoirs de propulsion fusée. En effet, cette solution, comme la plupart des solutions usuellement retenues pour le supportage maritime de réservoirs cryogénique, pour le gaz naturel liquide essentiellement, ne permet

5 pas une optimisation de l'ensemble de la masse réservoir+structure porteuse+éléments de supportage du niveau de celle recherchée pour le spatial ou l'aéronautique. Ceci s'explique notamment par le fait que les réservoirs utilisés dans le transport maritime sont d'une capacité de plusieurs centaines de m³ et donc de dimensions d'un ordre de grandeur supérieur aux réservoirs de quelques

10 m³ seulement concernés par la présente invention. De même, les pertes thermiques, négligeables en regard des volumes transportés dans les transports maritimes ne le sont plus à l'échelle des véhicules aéronautiques et spatiaux.

Dans le domaine du montage de réservoirs dans un avion, les documents US 3 951 362 A et US 3 979 005 A s'appliquant à un réservoir toroïdal décrivent

15 des moyens de supportage qui comprennent des supports de reprise d'efforts de cisaillement répartis sur la circonférence d'un réservoir cryogénique.

Ces supports sont constitués de tôles de forme incurvée de sorte à fournir la flexibilité nécessaire pour autoriser des déformations relatives radiales et garantir un travail purement en cisaillement.

20 Ces supports adaptés à des réservoirs avec fonds toroïdaux ne constituent qu'une partie du dispositif de supportage qui est plus complexe et nécessite l'addition dans l'avion soit d'une structure support de type conique, volumineuse et pénalisante en masse, soit la reprise des efforts à l'avant du réservoir sur un fond pressurisé dessiné et dimensionné pour assurer cette fonction et donc encore une

25 fois lourd et encombrant.

Brève description de l'invention

L'utilisation d'ergols cryogéniques pour assurer tout ou partie de la propulsion d'un aéronef, ce qui est le cas par exemple d'un avion spatial avec moteur fusée assurant des missions suborbitales ou orbitales, nécessite d'installer

30 des réservoirs dédiés, préférentiellement dans le fuselage de cet aéronef.

Au vu de l'art antérieur, la présente invention propose un dispositif de support et de maintien de réservoir dans un aéronef et en particulier un avion spatial, qui ajoute peu de volume au réservoir, qui est adapté à supporter et

maintenir des réservoirs confinés dans des volumes réduits et qui permet des montages/démontages des réservoirs plusieurs fois dans la vie de l'aéronef.

Le rapport masse utile sur masse sèche conditionne au premier ordre la performance réalisable par de tels véhicules. Aussi, il est indispensable de
5 concevoir un dispositif d'installation des réservoirs cryogéniques dans le fuselage le plus optimal possible en termes de masse.

Dans le même esprit, tout volume non utilisé est à proscrire, et les diamètres des réservoirs cryogéniques sont définis au plus près des diamètres fuselage, contraignant ainsi fortement l'aménagement de pièces d'interfaces.

10 Pour autant, l'inspection de ces dernières doit demeurer possible à chaque vol, et ce de façon aisée, de même que leur démontage et remontage qui va avoir lieu au moins quelques fois dans la vie de l'avion.

Toujours dans le souci de garantir la performance recherchée, le dispositif doit en particulier réduire au minimum l'évaporation des ergols cryogéniques par
15 pertes thermiques entre les réservoirs et la structure porteuse.

Enfin, les fixations d'interfaces des réservoirs cryogéniques doivent être capables de répondre aux contraintes mentionnées ci-dessus sans générer de contraintes thermomécaniques dues aux dilatations différentielles entre les réservoirs et leur environnement, et malgré des accélérations importantes
20 appliquées suivant des directions variables. Ces fixations doivent en effet répondre aux exigences de certification qui spécifient notamment des accélérations auxquelles la structure doit résister en cas d'atterrissage d'urgence, et au profil particulier des missions orbitales ou suborbitales qui comprennent une phase de propulsion fusée intervenant en nominal à chaque vol.

25 La présente invention a pour objet un dispositif de supportage de réservoirs de stockage ou transport de liquides cryogéniques, dans un fuselage d'avion et/ou de véhicule spatial, véhicules suborbitaux compris, apportant une réponse à la problématique exposée ci-avant.

Ce dispositif permet à la fois:

30 - un montage et un démontage relativement rapide et facile des réservoirs confinés dans un volume très restreints, ainsi que des opérations d'inspections rapides;

- 5
 - la limitation des charges appliquées à la structure avion et surtout aux réservoirs d'ergols malgré des dilatations thermiques différentielles importantes, notamment une forte striction/raccourcissement des réservoirs soumis aux températures cryogéniques, et malgré un profil de chargement très variable: accélérations importantes appliquées dans l'axe du réservoir, par exemple lors des phases de propulsion spatiale, ou perpendiculairement à l'axe du réservoir, par exemple lors des phases aéronautiques classiques à forts coefficients de charge verticale ou les phases de descente à forte incidence;
- 10
 - une optimisation des points d'accroche cohérente des axes principaux et structures porteuses de l'avion;
 - une minimisation de l'impact masse globale, au niveau des points d'accroche en tant que tel, mais aussi des renforts nécessaires au niveau de la structure avion et des parties structurales des réservoirs;
- 15
 - et,
 - de répondre aux exigences de certification de l'aviation civile et notamment celles relatives à la tolérance de panne et celles relatives à la sécurité en cas de décélérations brutales ou d'atterrissage de détresse.
- 20 Les réservoirs concernés sont en particulier des réservoirs non structuraux, de forme cylindrique ou conique et avec fonds sphériques ou elliptiques.

Ils sont équipés d'éléments structuraux de fixation et de renfort comme une jupe ou des cerclages, capables de reprendre les efforts d'interface, et localisé à l'avant et à l'arrière du réservoir.
- 25 Le dispositif de la présente invention est pour ce faire un dispositif adapté pour retenir des réservoirs de réception d'ergols cryogéniques d'une capacité de quelques tonnes sans leur appliquer de contraintes s'opposant à leur contraction/dilatation longitudinale ou radiale.

Plus particulièrement l'invention propose un dispositif de support et de
- 30 maintien d'un réservoir de forme générale cylindrique ou conique et d'axe principal X dans un véhicule tel qu'un aéronef, qui comprend une paire de premiers moyens de retenue du réservoir selon un axe Z perpendiculaire à l'axe principal X à chacune d'une première et d'une seconde extrémité du réservoir, un deuxième

moyen de retenue du réservoir selon un axe Y perpendiculaire à l'axe principal X et à l'axe Z, à la première extrémité du réservoir et un troisième moyen de retenue adapté à retenir le réservoir selon l'axe X et l'axe Y et relié à la seconde extrémité du réservoir.

- 5 Avantageusement, le dispositif de support et de maintien de réservoir comprend en outre un second deuxième moyen de retenue selon l'axe Y à la première extrémité du réservoir afin de constituer un moyen de retenue redondant de sécurité.

10 Les premiers moyens et le deuxième moyen sont avantageusement constitués par des bielles fixées au réservoir au moyen d'axes libres en rotation et disposées en sorte de permettre au réservoir de se dilater ou se contracter librement.

15 Selon un mode de réalisation particulier, la première extrémité du réservoir, les bielles définissent trois points de fixation répartis au sommet et des deux côtés de la première extrémité du réservoir.

 Les premiers moyens comportent avantageusement quatre bielles agencées de façon symétrique par rapport à des plans de symétrie ZY et ZX du réservoir et orientées selon l'axe Z pour reprendre des accélérations du réservoir suivant l'axe Z.

20 Selon un mode de réalisation particulier, les points de fixation desdites quatre bielles au réservoir sont localisés dans le plan de symétrie XY du réservoir.

 Le deuxième moyen de retenue est avantageusement constitué par une bielle à l'avant du réservoir, positionnée dans le plan XY et reprenant les efforts suivant l'axe Y transverse à l'axe principal X du réservoir.

25 La bielle positionnée dans le plan XY, et les bielles orientées suivant l'axe Z, sont avantageusement positionnées en sorte d'autoriser des déformations du réservoir selon l'axe X tout en permettant un débattement radial du réservoir pour ne pas générer de contraintes dues aux déformations thermiques radiales du réservoir.

30 Le point de fixation de la bielle positionnée dans le plan XY sur le réservoir est avantageusement dans le plan de symétrie XZ du réservoir.

 Les bielles sont avantageusement positionnées de façon à travailler tangentiellement à la peau du réservoir.

L'invention s'applique en particulier à un aéronef comportant un réservoir et un dispositif de support et de maintien du réservoir selon l'invention, pour lequel l'axe principal X est un axe horizontal parallèle à l'axe aéronef, ou présentant un angle faible par rapport à l'axe aéronef, l'axe Y est un axe horizontal transverse à l'aéronef et l'axe Z est un axe vertical les premiers et deuxième moyens étant
5 repris sur des cadres du fuselage de l'aéronef.

Le réservoir est avantageusement suspendu aux premiers moyens de retenue.

Les premiers et deuxième moyens de retenue sont avantageusement des bielles fixées par des liaisons à rotule à des attaches du réservoir et des attaches
10 sur des cadres de l'aéronef, ou sur des voiles amortisseurs entre cadres.

Le troisième moyen de retenue comporte avantageusement une tige de fixation verticale fixé sur un bâti de l'aéronef et emmanchée dans une liaison à glissière entourée d'une rotule sphérique en bout d'une jupe solidaire du réservoir, pour lequel le bâti assure la transmission des efforts depuis la tige jusque dans le
15 fuselage de l'aéronef et pour lequel la liaison à glissière reprend les efforts suivant les axes X et Y, tout en étant complètement libre en rotation et libre en translation autour de la tige suivant l'axe Z vertical.

Selon un mode de réalisation particulier, l'aéronef comporte une redondance de sécurité du troisième moyen de retenue qui est selon un mode de
20 réalisation particulier réalisée par un dispositif pion, trou avec jeu situé entre la jupe, entre l'axe vertical et le réservoir, et un support fixé au fuselage en sorte de retenir le réservoir en X et en Y sur rupture de l'axe vertical ou de la jupe côté réservoir.

L'aéronef est avantageusement un aéronef spatial et le réservoir est un réservoir cryogénique d'alimentation d'un moteur fusée de l'aéronef spatial, les
25 moyens de retenue étant configurés pour fournir des degrés de liberté adaptés à éviter des contraintes thermomécaniques sous l'effet des déformations thermiques différentielles dans le sens longitudinal et radial du réservoir.

Selon un mode de réalisation avantageux le bâti comporte une double bride.
30

Brève description des dessins

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention seront apparents à la lecture de la description qui suit d'un exemple de réalisation non limitatif de l'invention accompagné des dessins qui représentent:

- en figure 1: un exemple de fixation de réservoir de lanceur de l'art antérieur;
- 5 en figure 2: une vue en perspective trois quart avant d'un réservoir avec un dispositif de support et de maintien selon l'invention;
- en figure 3: une vue en perspective trois quart arrière d'un réservoir avec un dispositif de support et de maintien selon l'invention;
- aux figures 4A et 4B: des vues schématiques des fixations à une première
- 10 extrémité du réservoir selon deux modes de réalisation particuliers;
- en figure 5: un détail d'un moyen de retenue selon l'invention;
- en figure 6: une vue en coupe longitudinale d'un détail d'un troisième moyen de retenue à rotule de l'invention.
- aux figures 7A et 7B: des vues respectivement en perspective et en éclaté du
- 15 moyen de retenue de la figure 6.

Description détaillée de modes de réalisation de l'invention

L'invention se rapporte à un dispositif de support et de maintien d'un réservoir 100 tel que représenté aux figures 2 et 3, de forme générale cylindrique ou conique et d'axe principal X axe horizontal correspondant à l'axe principal de

20 l'aéronef selon l'exemple.

Le dispositif comprend de manière générale plusieurs moyens de retenue du réservoir, ces moyens se divisant en trois groupes, des premiers moyens destinés à soutenir le réservoir, un ou des deuxièmes moyens destinés à retenir une extrémité du réservoir dans une direction latérale perpendiculaire à l'axe

25 principal X et un troisième moyen de retenue réalisant un point d'ancrage du réservoir par rapport au fuselage de l'aéronef.

Le dispositif comprend ainsi en premier lieu une paire de premiers moyens 2a, 2b, 2c, 2d de retenue du réservoir selon un axe Z à chacune d'une première 101 et d'une seconde 102 extrémité du réservoir. L'axe Z est selon l'exemple un

30 axe vertical, les premiers moyens soutenant le réservoir dans le fuselage de l'aéronef.

La première paire de premiers moyens 2a, 2b est représentée sur la figure 2 et la seconde paire 2c, 2d est représentée sur la figure 3.

Les premiers moyens 2a, 2b, 2c, 2d comportent quatre bielles 30 agencées de façon symétrique par rapport à des plans de symétrie ZY et ZX du réservoir et orientées verticalement pour reprendre des accélérations du réservoir suivant l'axe vertical Z, l'axe Y étant un axe horizontal perpendiculaire aux axes X et Z.

5 Un exemple de bielle 30 applicable aux premiers moyens est représentée à la figure 5.

Elle comprend un corps et deux liaisons à rotule 53, 54 raccordés respectivement à une attache 103 du réservoir au travers d'un axe 51 et à une attache 11 au travers d'un axe 52 sur un cadre 1 de l'aéronef.

10 Les bielles sont positionnées de façon à travailler tangentiellement à la peau du réservoir 100 de sorte à éviter tout poinçonnement de ce dernier qui serait hautement néfaste à son intégrité.

Les éléments de supportage de type bielles doivent avoir à la fois de bonnes caractéristiques de tenue en traction et en compression de par la diversité
15 des cas de charges pouvant être rencontrés. Par contre, elles ne doivent pas présenter de résistance perpendiculairement à leur axe de travail.

Les attaches 103 sont selon l'exemple réalisées sur des cerclages 104 en périphérie des extrémités 101, 102 du réservoir.

De retour aux figures 2 et 3 les points de fixation desdites quatre bielles 30
20 au réservoir 100 sont localisés dans le plan de symétrie XY du réservoir conformément au repère orthonormé 200.

Toujours selon la figure 2, le dispositif de l'invention comporte, à la première extrémité 101 du réservoir, un deuxième moyen 3 de retenue du réservoir selon un axe horizontal Y perpendiculaire à l'axe principal.

25 Le deuxième moyen 3 de retenue qui va servir à empêcher la rotation du réservoir autour de l'axe Z et un déplacement du réservoir en Y à sa première extrémité est constitué selon l'exemple par une bielle haute à l'avant du réservoir 100, positionnée dans le plan XY et reprenant les efforts suivant l'axe Y transverse à l'axe principal X du réservoir 100.

30 La bielle haute positionnée dans le plan XY est orientée en sorte d'autoriser des déformations du réservoir selon l'axe X tout en permettant un débattement radial du réservoir pour ne pas générer de contraintes dues aux déformations

thermiques radiales du réservoir. Enfin, le point de fixation de la bielle haute sur le réservoir est dans le plan de symétrie XZ du réservoir.

Il y a lieu de noter que les premiers moyens comportant les premières bielles empêchent la rotation du réservoir autour de son axe.

- 5 D'un point de vue fonctionnel, à la première extrémité du réservoir, les bielles 30 des premiers et deuxième moyens de support définissent trois points de fixation répartis au sommet et des deux côtés de la première extrémité 101 du réservoir comme représenté aux figures 4A et 4B.

- 10 L'ensemble de ces points de fixation autorisent un déplacement longitudinal selon l'axe X de l'avant du réservoir selon ses dilatations/contractions.

Pour réaliser une fonction de tolérance de panne ou de sécurité en cas de défaillance (fail safe en anglais), un second deuxième moyen de support peut en outre être ajouté pour créer une redondance en cas de rupture de la bielle haute ou de ses points de fixation.

- 15 Ce moyen peut soit être une seconde bielle haute 3a comme dans la figure 4A, soit une bielle basse 3b selon la figure 4B et sera positionné d'un même côté du réservoir que le deuxième moyen dans le cas de l'exemple représenté.

- 20 Pour ce qui concerne les premiers moyens de retenue auxquels le réservoir est suspendu, la présence de deux paires de moyens est intrinsèquement redondant puisqu'en cas de rupture d'une bielle les trois bielles restantes suffisent à retenir le réservoir selon l'axe Z.

- 25 Les premiers moyens sont ainsi agencées de façon symétrique par rapport aux plans de symétrie ZY et ZX du réservoir et orientées verticalement pour reprendre les accélérations suivant l'axe Z. Pour limiter les charges au minimum, les points de fixation des bielles au réservoir sont localisés dans le plan de symétrie XY du réservoir. Les bielles comportent des rotules à chacune de leurs extrémités au niveau de la fixation avec le réservoir et au niveau de la fixation avec la structure porteuse, pour autoriser les dilatations thermiques différentielles. Leur orientation favorise en priorité les déformations relatives dans le sens
30 longitudinal, mais elle permette également un débattement suffisant pour ne pas générer de contraintes dues aux déformations thermiques radiales. Ces 4 bielles constituent un assemblage à tolérance de panne vis-à-vis de la reprise des efforts suivant l'axe Z.

Le dispositif est ainsi constitué d'un ensemble de bielles munies de fixations à rotules, en nombre limité, agencées de sorte à ce que le montage soit le plus isostatique possible tout en assurant des redondances de passage d'efforts.

Le dispositif est complété à la seconde extrémité du réservoir par un
5 troisième moyen de retenue à rotule 4 autour de l'axe vertical relié à la seconde extrémité 102 du réservoir.

Ce moyen de retenue à rotule sphérique, qui reprend seul la totalité des efforts dans le sens avion est plus particulièrement représenté à la figure 6.

Ce moyen ou dispositif de retenue a pour objet de retenir le réservoir dans
10 une direction X selon l'axe principal avant arrière de l'aéronef et selon l'axe Y perpendiculaire à l'axe Y.

Ce moyen complète le deuxième moyen pour retenir le réservoir latéralement et réalise un point d'ancrage du réservoir dans la direction longitudinale X de l'aéronef.

15 Selon l'exemple représenté et comme il va être expliqué ci-dessous, ce moyen de retenue est réalisé avec un dispositif de retenue qui comporte un degré de liberté en rotation autour de cet axe X un degré de liberté en translation selon un axe Z perpendiculaire au plan de voilure de l'aéronef et un degré de liberté en rotation autour dudit axe Z.

20 Ce troisième moyen de retenue constitue un point fixe en X du réservoir par rapport à l'avion alors que les premiers et deuxième moyens sont réalisés en sorte d'accompagner les dilatations ou rétractions du réservoir.

Les efforts suivant l'axe Y sont repris par la bielle haute 3 positionnée horizontalement à l'avant et une tige 20 positionné en partie arrière en bas du
25 réservoir.

La reprise des efforts de vol dans le sens X se fait au niveau du troisième moyen de retenue réalisé par un point d'attache unique constitué par la tige 20 positionnée en partie arrière basse du réservoir.

Ce point d'attache est le seul point fixe du réservoir par rapport à l'axe
30 longitudinal X de sorte que les importantes déformations thermiques différentielles entre le réservoir et la structure avion sont autorisées au niveau des autres attaches, sans générer de contraintes thermomécaniques sur le réservoir ou les points d'attache.

Le troisième moyen de retenue comporte la tige verticale 20 fixée sur un bâti 12 de l'avion et emmanché dans une liaison à glissière 21 entourée d'une rotule sphérique 22 en bout d'une jupe 23 solidaire du réservoir 100.

Le bâti assure la transmission des efforts depuis l'axe jusque dans le fuselage de l'avion et l'axe vertical reprend les efforts suivant les axes X et Y tout en étant libre en rotation et libre en translation suivant l'axe Z entre des butées.

La tige 20 s'oppose à une translation du réservoir selon les axes X et Y, le moyen de retenue étant par contre complété par une liaison rotule qui lie le réservoir à la tige verticale en translation mais lui offre trois degrés de liberté selon les trois rotations ce qui assure un découplage du réservoir par rapport à ce premier moyen de retenue en tangage, en roulis et en lacet.

En résumé, la tige de fixation 20 est emmanchée dans une liaison à glissière 21 entourée d'une rotule sphérique 22 en bout d'une jupe 23 solidaire du réservoir 100, le bâti assure la transmission des efforts depuis la tige jusque dans le fuselage de l'avion et la liaison à glissière et rotule reprend les efforts suivant les axes X et Y horizontaux ou dans un plan parallèle au plan de la voilure de l'aéronef, tout en étant libre en rotation et libre en translation autour de la tige 20 suivant l'axe Z vertical perpendiculaire au plan de la voilure de l'aéronef.

Les figures 7A et 7B détaillent le moyen articulé représenté en figure 6.

En figure 7A est représenté le positionnement de l'axe 20 dans un palier formant la liaison à glissière 21 alors que selon la figure 6, la liaison à glissière 21 représentée est plutôt une liaison à billes. Le palier est inséré dans l'anneau à profil extérieur sphérique 22a de la rotule sphérique 22.

La figure 7B détaille un exemple de réalisation de la rotule sphérique qui comporte l'anneau à profil extérieur sphérique 22a reçue de manière connue en soit dans une cage extérieure 22b à profil intérieur sphérique ici sous forme connue d'un anneau inférieur et d'un anneau supérieur. La cage extérieure 22b dans laquelle est montée est reçue dans un logement réalisé dans la jupe 23 solidaire du réservoir.

D'une certaine manière on peut considérer que le réservoir est accroché sur la tige 20 tout en pouvant pivoter dans toutes les directions autour de son point d'accrochage, le point d'accrochage pouvant en outre coulisser le long de la tige. Le dispositif de retenue est ainsi adapté à réaliser un point d'ancrage du réservoir

dans l'aéronef, des moyens de retenue complémentaires réalisés ici par les bielles des premiers et deuxième moyens maintenant le réservoir en alignement avec le fuselage de l'aéronef.

Les bielles qui sont fixées au réservoir et au fuselage au moyen d'axes
5 libres en rotation sont disposées en sorte de permettre au réservoir de se dilater ou se contracter librement.

Le caractère à tolérance de panne de cette liaison est garanti par une redondance de sécurité du troisième moyen de retenue réalisée en réalisant la tige 20 sous forme d'un axe double comportant une partie externe et une partie
10 interne de sorte que si la partie externe de l'axe venait à casser, la partie interne permettrait encore de reprendre les efforts de cisaillement.

La figure 7B représente en perspective l'axe double qui comporte la tige interne 20a et le tube 20b externe concentriques et emmanchés l'un dans l'autre.

En outre, un pion 24 passant dans un trou 25 avec jeu situé sur la jupe 23,
15 entre la tige verticale 20 et le réservoir, le pion étant inséré dans un support 26 fixé au fuselage en sorte de retenir le réservoir en X et en Y sur rupture de la jupe 23 côté réservoir.

Le bâti structural 12, qui constitue le support de la liaison côté fuselage et qui peut éventuellement être réalisé sous forme d'un caisson, comporte deux
20 brides 121, 122 capables chacune de reprendre la totalité des efforts de la tige 20 ce qui participe aussi à la sécurité du dispositif.

Côté structure avion, la solution ne nécessite pas ou peu d'éléments structuraux dédiés, le bâti se reprenant sur des cadres 1 du fuselage 10.

De retour à la figure 5, les bielles sont accrochées sur des cadres existants
25 ou entre deux cadres sur des voiles amortisseurs additionnels ou des portions de cadres additionnels.

L'idéal est bien sûr de positionner les cadres à la définition de l'architecture de la structure avion pour que ces derniers coïncident avec les interfaces avec les réservoirs ce qui donne une conception cohérente de la structure avion/réservoirs.

30 A noter que ce système offre une grande flexibilité dans le positionnement des réservoirs dans le fuselage. Les réservoirs ne sont par exemple pas contraints de se situer à proximité d'un fond pressurisé ou de tout autre structure forte.

Selon la configuration retenue les moyens de retenue présentent un agencement optimal pour un réservoir dont les cas de charges principaux sont des accélérations dans le sens transverse au réservoir et vers le bas et des accélérations dans le sens longitudinal réservoir. Il est possible aussi de concevoir
5 le système avec des bielles Z travaillent en compression à au moins à une extrémité du réservoir. C'est un mode de réalisation toutefois moins optimal.

Selon l'exemple, la première extrémité du réservoir est positionnée à l'avant de l'avion et la seconde extrémité à l'arrière et le positionnement relatif du deuxième moyen 3 et du troisième moyen 4 une en haut à l'avant, une en bas à
10 l'arrière par rapport à l'avion est optimal pour équilibrer les efforts radiaux et limiter les moments induits. Une configuration inverse reste toutefois possible.

Comme les bielles verticales, la bielle haute du deuxième moyen est pourvue de rotules à ses deux extrémités et orientée pour favoriser en priorité les déformations relatives dans le sens longitudinal, tout en permettant un
15 débattement suffisant pour ne pas générer de contraintes dues aux déformations thermiques radiales. Pour un comportement optimal, le point de fixation de cette bielle sur le réservoir doit être dans le plan de symétrie XZ du réservoir.

L'ensemble des dispositions décrites ci-avant permettent de limiter les charges à la fois dans le réservoir et dans la structure avion, ainsi que dans les
20 fixations en elle-même. La masse globale est ainsi elle-même optimisée.

L'agencement, le nombre et le design des attaches assure une configuration globalement sécurisé en cas de défaillance (configuration "fail-safe").

La limitation du nombre d'attaches, et leur simplicité, assure par ailleurs des opérations rapides et aisées d'intégration des réservoirs dans le fuselage ou de
25 démontage pour les opérations de maintenance, même pour des diamètres de réservoirs proches du diamètre fuselage. Pour cette même raison, l'inspection est facilitée via quelques trappes de visite judicieusement positionnées et pourra être réalisée aussi souvent que nécessaire, à chaque vol si besoin.

le réservoir est notamment un réservoir cryogénique d'alimentation d'un
30 moteur fusée de l'avion spatial, les moyens de retenue étant configurés pour fournir des degrés de liberté adaptés à éviter des contraintes thermomécaniques sous l'effet des déformations thermiques différentielles dans le sens longitudinal,

raccourcissement du réservoir, et radialement au réservoir, notamment striction du réservoir.

Le nombre limité de points de liaisons entre le réservoir cryogénique et la structure porteuse, qui plus est de dimensions réduites, permet enfin de limiter les
5 échanges thermiques entre ces deux éléments.

Le dispositif de l'invention offre une optimisation de la masse globale sur l'ensemble réservoir, structure avion et supportage. Ce dispositif assure également une réduction notable des temps de maintenance et de dépose en réduisant au minimum nécessaire le nombre d'interfaces avec le réservoir.

10 Ce dispositif assure en outre que les fixations du réservoir ne créeront pas de contraintes sur ce dernier lors de ses dilatations et contractions en fonction de sa température.

L'invention n'est pas limitée à l'exemple représenté et notamment l'orientation des bielles peut varier suivant l'orientation des principaux efforts de
15 dimensionnement spécifiques au véhicule considéré et à son profil de vol.

RE V E N D I C A T I O N S

1 - Dispositif de support et de maintien d'un réservoir (100) de forme générale cylindrique ou conique et d'axe principal X dans un véhicule tel qu'un aéronef, caractérisé en ce qu'il comprend une paire de premiers moyens (2a, 2b, 2c, 2d) de retenue du réservoir selon un axe Z perpendiculaire à l'axe principal X à chacune d'une première (101) et d'une seconde (102) extrémité du réservoir, un deuxième moyen (3) de retenue du réservoir selon un axe Y perpendiculaire à l'axe principal X et à l'axe Z, à la première (101) extrémité du réservoir et un troisième moyen de retenue adapté à retenir le réservoir selon l'axe X et l'axe Y et relié à la seconde extrémité (102) du réservoir.

2 - Dispositif de support et de maintien de réservoir selon la revendication 1, qui comprend en outre un second deuxième moyen (3a, 3b) de retenue selon l'axe Y à la première extrémité du réservoir afin de constituer un moyen de retenue redondant de sécurité.

3 - Dispositif de support et de maintien de réservoir selon la revendication 1 ou 2, pour lequel les premiers moyens (2a, 2b, 2c, 2d) et le deuxième moyen (3, 3a, 3b) sont constitués par des bielles (30) fixées au réservoir au moyen d'axes (51) libres en rotation et disposées en sorte de permettre au réservoir de se dilater ou se contracter librement.

4 - Dispositif de support et de maintien de réservoir selon la revendication 3, pour lequel à la première extrémité du réservoir, les bielles (30) définissent trois points de fixation répartis au sommet et des deux côtés de la première extrémité (101) du réservoir.

5 - Dispositif de support et de maintien de réservoir selon l'une quelconque des revendications précédentes, pour lequel les premiers moyens (2a, 2, 2c, 2d) comportent quatre bielles (30) agencées de façon symétrique par rapport à des plans de symétrie ZY et ZX du réservoir et orientées selon l'axe Z pour reprendre des accélérations du réservoir suivant l'axe Z.

6 - Dispositif de support et de maintien de réservoir selon la revendication 5, pour lequel les points de fixation desdites quatre bielles (30) au réservoir (100) sont localisés dans le plan de symétrie XY du réservoir.

7 - Dispositif de support et de maintien de réservoir selon l'une quelconque des revendications précédentes, pour lequel le deuxième moyen (3) de retenue est constitué par une bielle à l'avant du réservoir (100), positionnée
5 dans le plan XY et reprenant les efforts suivant l'axe Y transverse à l'axe principal X du réservoir (100).

8 - Dispositif de support et de maintien de réservoir selon la revendication 7, pour lequel la bielle positionnée dans le plan XY, et les bielles orientées suivant l'axe Z, sont positionnées en sorte d'autoriser des déformations
10 du réservoir selon l'axe X tout en permettant un débattement radial du réservoir pour ne pas générer de contraintes dues aux déformations thermiques radiales du réservoir.

9 - Dispositif de support et de maintien de réservoir selon la revendication 7 ou 8, pour lequel le point de fixation de la bielle positionnée dans
15 le plan XY sur le réservoir est dans le plan de symétrie XZ du réservoir.

10 - Dispositif de support et de maintien de réservoir selon l'une quelconque des revendications précédentes, pour lequel les bielles sont positionnées de façon à travailler tangentiellement à la peau du réservoir (100).

11 - Aéronef comportant un réservoir et un dispositif de support et de
20 maintien du réservoir selon l'une quelconque des revendications précédentes, pour lequel l'axe principal X est un axe horizontal parallèle à l'axe aéronef, ou présentant un angle faible par rapport à l'axe aéronef, l'axe Y est un axe horizontal transverse à l'aéronef et l'axe Z est un axe vertical les premiers et deuxième moyens étant repris sur des cadres (1) du fuselage (10) de l'aéronef.

25 12 - Aéronef selon la revendication 11, pour lequel le réservoir est suspendu aux premiers moyens de retenue.

13 - Aéronef selon la revendication 11 ou 12, pour lequel les premiers et deuxième moyens de retenue sont des bielles fixées par des liaisons à rotule (53, 54) à des attaches (103) du réservoir et des attaches (11) sur des cadres (1) de
30 l'aéronef, ou sur des voiles amortisseurs entre cadres.

14 - Aéronef selon la revendication 11, 12 ou 13, pour lequel le troisième moyen de retenue comporte une tige de fixation verticale (20) fixé sur un bâti (12) de l'aéronef et emmanchée dans une liaison à glissière (21) entourée d'une rotule sphérique (22) en bout d'une jupe (23) solidaire du réservoir (100), pour lequel le

bâti assure la transmission des efforts depuis la tige jusque dans le fuselage de l'aéronef et pour lequel la liaison à glissière reprend les efforts suivant les axes X et Y, tout en étant complètement libre en rotation et libre en translation autour de la tige (20) suivant l'axe Z vertical.

5 15 - Aéronef selon la revendication 14, comportant une redondance de sécurité du troisième moyen de retenue.

 16 - Aéronef selon la revendication 15, pour lequel la redondance est réalisée par un dispositif pion (24), trou (25) avec jeu situé entre la jupe (23), entre l'axe vertical et le réservoir, et un support (26) fixé au fuselage en sorte de retenir
10 le réservoir en X et en Y sur rupture de l'axe vertical ou de la jupe côté réservoir.

 17 - Aéronef selon l'une quelconque des revendications 11 à 16, pour lequel l'aéronef est un aéronef spatial et le réservoir (100) est un réservoir cryogénique d'alimentation d'un moteur fusée de l'aéronef spatial, les moyens de retenue étant configurés pour fournir des degrés de liberté adaptés à éviter des
15 contraintes thermomécaniques sous l'effet des déformations thermiques différentielles dans le sens longitudinal et radial du réservoir.

 18 - Aéronef spatial selon l'une quelconque des revendications 11 à 17, pour lequel le bâti (12) comporte une double bride.