

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
COURBEVOIE

①1 N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

3 095 421

②1 N° d'enregistrement national : 19 04452

⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : B 64 D 37/02 (2019.01), B 64 D 37/30, F 02 C 7/22,  
B 65 D 90/38

⑫ DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 26.04.19.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 30.10.20 Bulletin 20/44.

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

⑥0 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : ARIANEGROUP SAS Société par  
Actions Simplifiée — FR.

⑦2 Inventeur(s) : VUILLAMY Didier et DURI Davide.

⑦3 Titulaire(s) : ARIANEGROUP SAS Société par  
Actions Simplifiée.

⑦4 Mandataire(s) : Cabinet Beau de Loménie.

⑤4 Dispositif de séparation, réservoir contenant un tel dispositif et engin spatial équipé d'un tel réservoir.

⑤7 Dispositif de séparation, réservoir  
contenant un tel dispositif et engin  
spatial équipé d'un tel réservoir

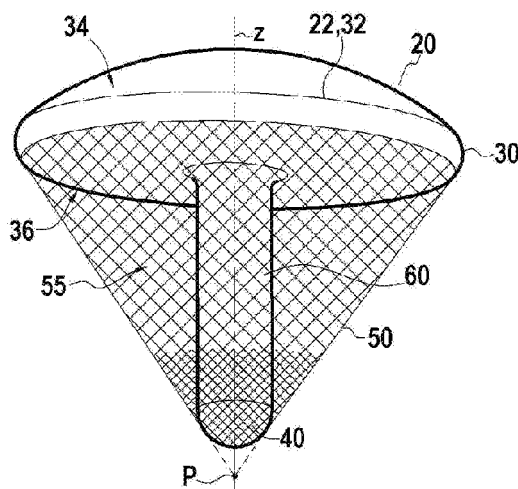
Dispositif de séparation (20) pour séparer un liquide (15)  
d'un ciel gazeux environnant, le dispositif comprenant un  
flotteur (30), un lest (40), et un guide de positionnement  
(50).

Le lest (40) est rigidement lié au flotteur (30) de telle  
sorte que le dispositif présente une position de flottaison  
stable.

Le guide de positionnement (50) est agencé de  
manière à empêcher qu'un autre dispositif identique ne pénétre  
dans un volume réservé (55) qu'il délimite sous le flot-  
teur, et à permettre une circulation du liquide entre un  
extérieur et au moins une partie d'un intérieur dudit volume  
réservé (55).

Réservoir contenant un tel dispositif, et engin spatial  
équipé d'un tel réservoir.

Figure pour l'abrégé : Fig. 2.



FR 3 095 421 - A1



## Description

### **Titre de l'invention : Dispositif de séparation, réservoir contenant un tel dispositif et engin spatial équipé d'un tel réservoir**

#### **Domaine technique**

- [0001] La présente divulgation concerne l'agencement des réservoirs destinés à contenir des liquides volatiles, comme les réservoirs d'hydrocarbures, ou encore les réservoirs d'ergols liquides cryogéniques de moteurs-fusées.
- [0002] Elle vise plus précisément la prévention de l'évaporation d'un liquide volatile contenu dans un réservoir, ainsi que la question de l'isolation thermique entre la surface de ce liquide et les gaz contenus dans le ciel gazeux du réservoir, ces gaz servant à assurer la pressurisation de l'ergol dans le cas d'un réservoir d'ergol liquide cryogénique.
- [0003] Par convention, dans ce qui suit, le terme 'liquide' désigne un produit ou un mélange de produits en phase liquide, et le terme 'gaz' désigne un produit ou un mélange de produits en phase gazeuse.

#### **Technique antérieure**

- [0004] De manière connue en soi, pour limiter l'évaporation d'un liquide contenu dans un réservoir et/ou pour limiter les échanges thermiques entre ce liquide et le ciel gazeux du réservoir, on peut disposer dans le réservoir à la surface du liquide des éléments flottants réalisés en matériau isolant thermiquement (voir le brevet DE 10 2012 207 575 A1).
- [0005] Du fait de la présence de ces éléments flottants, la surface de liquide restant libre est très réduite, et les échanges thermiques entre le liquide et le ciel gazeux qui peuvent avoir lieu, ainsi que l'évaporation sont très réduits. Un exemple de tels éléments flottants est connu du document GB 2 454 723.
- [0006] Bien que ces éléments flottants aient une efficacité avérée pour réduire l'évaporation du liquide et limiter les échanges thermiques entre celui-ci et le ciel gazeux du réservoir, en revanche ils ne contribuent que très peu à réduire les mouvements, les ballottements du fluide dans le réservoir, ce qui est problématique dans le cas de réservoirs embarqués à bord de moyens de transport, comme par exemple des réservoirs de navires, de camions, ou encore de fusées.
- [0007] Il existe donc un besoin pour des équipements permettant d'une part de limiter la vaporisation d'un liquide contenu dans un réservoir et/ou les échanges thermiques entre ce liquide et le ciel gazeux du réservoir et d'autre part de réduire le ballottement du liquide dans le réservoir.
- [0008] La présente divulgation propose une solution pour répondre à ce besoin.

## Exposé de l'invention

- [0009] Dans ce but, selon la présente invention, il est proposé un dispositif de séparation pour séparer un liquide d'un ciel gazeux environnant. Ce dispositif comprend un flotteur, un lest, et un guide de positionnement. Le lest est rigidement lié au flotteur de telle sorte que le dispositif présente une position de flottaison stable, définissant un côté haut et un côté bas. Le flotteur présente, en vue du dessus, un contour extérieur. Ce contour extérieur constitue le plus souvent également le contour extérieur du dispositif. Le guide de positionnement est agencé de manière à empêcher qu'un autre dispositif identique ne pénètre dans un volume réservé qu'il délimite sous le flotteur, et à permettre une circulation du liquide entre l'extérieur et au moins une partie de l'intérieur dudit volume réservé.
- [0010] La présence des trois composants indiqués plus haut (flotteur, lest, guide de positionnement) permet de réaliser un dispositif de séparation apte à la fois à séparer le liquide du ciel gazeux, et à réduire l'agitation ou le ballonnement du liquide.
- [0011] Le flotteur assure le maintien du dispositif de séparation à la surface du liquide. Il forme de plus un écran séparant le liquide (ou du moins la plus grande partie de celui-ci) du gaz contenu dans le ciel gazeux du réservoir.
- [0012] Par 'lest', on désigne une partie du dispositif dont la masse volumique est supérieure à celle du flotteur. Le lest est relié au flotteur et au guide de manière à maintenir le dispositif de séparation en position de flottaison stable à la surface du liquide. La « position de flottaison » du dispositif est la position spontanément adoptée par celui-ci lorsqu'il flotte. Par suite, les différentes parties du dispositif sont définies par rapport à la position de flottaison. Une section horizontale désigne ainsi une section dans un plan parallèle à la ligne de flottaison, etc.
- [0013] En position de flottaison, le contour extérieur du flotteur constitue le plus souvent le contour extérieur du dispositif. Par conséquent, lorsque plusieurs dispositifs de séparation tels que définis ci-dessus flottent côte à côte à la surface du liquide, les contours extérieurs de leurs flotteurs sont conduits à être en contact mutuel. Ainsi, les flotteurs forment un écran à la surface ou du moins au voisinage de la surface du liquide : ils réduisent ainsi la capacité du liquide contenu dans le réservoir à s'évaporer, et/ou réduisent les échanges thermiques entre le liquide et les gaz contenus dans le ciel gazeux du réservoir.
- [0014] Le guide de positionnement (ou plus simplement, 'le guide') est une pièce ou un ensemble de pièces agencé de manière à empêcher qu'un autre dispositif identique ne pénètre dans le volume réservé, qui est un volume situé sous le flotteur. Grâce à cela, le guide facilite la mise en place du dispositif à côté d'autres dispositifs identiques à la surface du liquide, en empêchant que d'autres dispositifs de séparation ne se placent

(au moins en partie) dans le volume réservé délimité par le guide de positionnement sous le flotteur.

- [0015] L'utilisation du guide de positionnement, qui est au moins partiellement creux, par opposition avec le choix d'un flotteur plus volumineux, par exemple sphérique, permet avantageusement de réduire la masse totale du dispositif de séparation.
- [0016] Pour réduire cette masse le plus possible, au moins 30%, voire 50%, voire 70% du volume délimité par le guide de positionnement et situé sous le flotteur peut constituer un volume 'libre', dans lequel la circulation de fluide entre l'intérieur et l'extérieur du guide de positionnement est possible.
- [0017] De plus, comme le guide permet la circulation du liquide entre l'extérieur et ce volume 'libre', le guide favorise la dissipation d'énergie, ce qui réduit les oscillations parasites du liquide à l'intérieur du réservoir.
- [0018] Pour maximiser l'effet d'écran (contre l'évaporation ou les échanges thermiques) du flotteur, la masse volumique du flotteur est choisie de préférence telle que lorsque le dispositif est disposé dans le réservoir, sa ligne de flottaison est sensiblement confondue avec le contour extérieur du flotteur (en vue du dessus).
- [0019] Dans le dispositif de séparation, le flotteur peut être agencé de différentes manières.
- [0020] Le flotteur est de préférence rigide. Cependant, il peut aussi être souple, ou du moins comporter des parties souples. Par exemple, les parties saillantes ou certaines parties saillantes du flotteur peuvent être réalisées en matériau souple. Cette ou ces parties souples permettent alors, en cas de choc entre le dispositif de séparation et d'autres parties du réservoir, de n'endommager ni le réservoir ni le dispositif de séparation.
- [0021] Par ailleurs, la forme du flotteur peut être choisie de manière à minimiser le volume - et donc en général la masse - du flotteur, tout en permettant à celui-ci d'isoler le liquide vis-à-vis du gaz contenu dans le ciel gazeux du réservoir. Ainsi dans un mode de réalisation, le flotteur ou tout au moins une partie supérieure du flotteur présente une forme aplatie dans un plan horizontal (lorsque le dispositif est en position de flottaison). Cela signifie qu'en position de flottaison, la hauteur du flotteur ou de sa partie supérieure est inférieure au diamètre du flotteur vu du dessus, voire inférieure à la moitié de ce diamètre. Si le flotteur, en vue du dessus, n'a pas un contour circulaire, le terme 'diamètre' dans la phrase précédente fait référence à la plus petite dimension du flotteur en vue du dessus (méso-diamètre au sens de Féret).
- [0022] Dans un mode de réalisation, au niveau du contour extérieur, la paroi extérieure du flotteur peut être de faible hauteur. Elle peut par exemple être convexe, ou encore présenter une surface verticale de hauteur inférieure à  $D/4$ , où  $D$  est un plus grand diamètre du flotteur au niveau du contour extérieur.
- [0023] Dans un mode de réalisation, le flotteur présente une surface inférieure convexe (bombée), concave (en creux), ou plane. Par surface convexe, on désigne ici une

surface telle que tous les points situés sur un segment reliant deux points de cette surface font partie du corps dont fait partie la surface considérée.

[0024] Chacune de ces formes présente un avantage. Lorsque la surface inférieure est plane, voire concave, le poids du flotteur est minimisé. Lorsque la surface inférieure est bombée, le flotteur peut présenter une meilleure résistance à la pression.

[0025] Dans un mode de réalisation, le flotteur présente une surface supérieure convexe. Lors de la mise en place des dispositifs à la surface du liquide, cette forme évite que ceux-ci ne se placent les uns sur les autres.

[0026] Dans un mode de réalisation, le flotteur est creux. Cela permet de réduire le poids du flotteur, ainsi que sa conductivité thermique.

[0027] Dans d'autres modes de réalisation, le flotteur peut aussi être en matériau plein, ou encore formé principalement de mousse, c'est-à-dire de matériau alvéolaire.

[0028] Dans le cas de réservoirs sous pression, la structure du flotteur et la pression à l'intérieur du flotteur peuvent être sélectionnées de telle sorte que le flotteur résiste à une pression extérieure de 2 Bar, voire 5 Bar, voire 50 Bar, sans se déformer significativement ou de manière visible.

[0029] Différents matériaux peuvent être utilisés pour réaliser un dispositif de séparation conforme à la présente divulgation.

[0030] Le ou les matériaux utilisés pour le dispositif de séparation doivent être compatibles au sens large avec les fluides avec lesquels le dispositif de séparation est en contact ou peut entrer en contact.

[0031] Dans un mode de réalisation, le flotteur est en métal. Notamment, lorsque le dispositif de séparation doit être utilisé dans un réservoir de moteur-fusée, plusieurs métaux sont envisageables, comme notamment l'aluminium, l'acier inoxydable ou le titane.

[0032] Dans un mode de réalisation, le flotteur est couvert au moins en partie d'un revêtement anti-inflammation. Ce revêtement se caractérise par le fait qu'il s'enflamme et/ou brûle bien plus difficilement que le matériau du flotteur qu'il recouvre.

[0033] Par ailleurs, le guide de positionnement peut adopter de nombreuses formes. Les différentes formes envisagées ci-dessous peuvent être combinées (ou non) les unes aux autres, dans la mesure où cela est techniquement réalisable :

- le guide peut présenter, en dessous dudit contour extérieur, sur au moins 70% de sa hauteur, une section d'aire strictement décroissante dans le sens allant du haut vers le bas.
- en coupe dans un plan vertical ou dans tout plan vertical ; et/ou en coupe dans un plan horizontal ou dans tout plan horizontal, la section d'une surface extérieure du guide peut être convexe.
- le guide peut présenter, sur au moins 70% de sa hauteur, une forme extérieure

sensiblement conique ou tronconique s'étendant entre le contour extérieur du flotteur et un point situé sous le flotteur, ce point étant de préférence sur ou au voisinage de l'axe (Z) du dispositif.

- une surface extérieure du guide peut présenter des arêtes sortantes. Dans ce dernier cas, en vue latérale, une pluralité desdites arêtes peuvent notamment être obliques.

[0034] Le guide de positionnement peut être réalisé de différentes manières. Le guide peut par exemple être formé essentiellement par une paroi ajourée, une grille, des fils ; ou encore par un matériau plein ou alvéolaire et comportant des passages de fluide.

Lorsque le guide est formé essentiellement par une paroi ajourée, une grille, ou des fils, cette paroi, cette grille ou ces fils forme(nt) écran à la surface extérieure du guide pour empêcher qu'un autre dispositif de séparation ne pénètre dans le volume du guide de positionnement (le volume réservé).

[0035] Dans un mode de réalisation, le guide comporte une grille présentant des mailles. De préférence dans ce cas, la surface moyenne des sections de passage des mailles est plus faible en bas qu'en haut (du guide de positionnement). Cet agencement permet en effet d'optimiser la circulation de fluide dans le guide de positionnement, en maximisant la dissipation d'énergie par le guide de positionnement en bas du dispositif, à distance de son centre de gravité, afin de favoriser la réduction du ballonnement par le dispositif.

[0036] La liaison entre le flotteur et le lest peut être réalisée de différentes manières.

[0037] Dans un mode de réalisation, le dispositif de séparation comporte au moins une tige reliant le lest au flotteur. Cette ou ces tige(s) peu(ven)t éventuellement être formée(s) intégralement avec le flotteur et/ou avec le lest.

[0038] Dans un mode de réalisation, le lest est relié au flotteur par le guide, notamment uniquement par le guide.

[0039] La présente divulgation concerne également un réservoir comprenant un liquide et au moins un dispositif de séparation tel que défini précédemment. Dans un mode de réalisation, ce réservoir est configuré pour permettre l'alimentation d'un moteur fusée ; le liquide est alors un ergol utilisable pour l'alimentation du moteur-fusée.

[0040] La présente divulgation concerne également un engin spatial, par exemple une fusée, comportant un réservoir tel que défini précédemment.

### **Brève description des dessins**

[0041] La présente divulgation sera bien comprise et ses avantages apparaîtront mieux à la lecture de la description détaillée qui suit, de modes de réalisation représentés à titre d'exemples non limitatifs. La description se réfère aux dessins annexés, sur lesquels :

[0042] [fig.1] la figure 1 est une vue schématique partielle d'un engin spatial, représentant notamment un réservoir d'ergols liquides dans un premier mode de réalisation de la

présente divulgation ;

- [0043] [fig.2] la figure 2 est une vue schématique en perspective de l'un des dispositifs de séparation du réservoir d'ergols représenté sur la figure 1 ;
- [0044] [fig.3] la figure 3 est une vue schématique en perspective d'un dispositif de séparation dans un deuxième mode de réalisation de la présente divulgation ;
- [0045] [fig.4A-4E] les figures 4A, 4B, 4C, 4D et 4E sont des vues schématiques du dessus de dispositifs de séparation conformes à la présente divulgation ;
- [0046] [fig.5] la figure 5 est une vue schématique latérale d'un dispositif de séparation dans un troisième mode de réalisation de la présente divulgation ;
- [0047] [fig.6] la figure 6 est une vue schématique latérale d'un dispositif de séparation dans un quatrième mode de réalisation de la présente divulgation ;
- [0048] [fig.7] la figure 7 est une vue schématique latérale d'un dispositif de séparation dans un cinquième mode de réalisation de la présente divulgation ;
- [0049] [fig.8] la figure 8 est une vue schématique latérale d'un dispositif de séparation dans un sixième mode de réalisation de la présente divulgation ; et
- [0050] [fig.9] la figure 9 est une vue schématique en perspective d'un dispositif de séparation dans un septième mode de réalisation de la présente divulgation.

### **Description des modes de réalisation**

- [0051] La figure 1 présente une partie d'un engin spatial, en l'occurrence une fusée 1, qui présente une des principales applications envisagées pour la présente divulgation. La fusée 1 comporte un réservoir 10 qui, dans l'exemple présenté, est constitué par une cuve de forme générale cylindrique fermée aux extrémités par deux ogives hémisphériques 12A,12B. Le réservoir 10 est configuré pour permettre l'alimentation des moteurs-fusée (non représentés) de la fusée 1. Il contient de l'oxygène liquide 15, qui constitue un ergol liquide utilisable pour l'alimentation de ces moteurs-fusée. Le réservoir 10 est équipé de sondes de niveau 14A,14B, reliées à une unité de commande électronique extérieure au réservoir 10 et non représentée.
- [0052] Sur la figure 1, le réservoir 10 est représenté rempli environ à moitié d'oxygène liquide 15.
- [0053] Le réservoir 10 contient de plus un gaz 16 contenu dans le ciel gazeux du réservoir au-dessus de l'oxygène liquide 15. Le gaz 16 peut ou non être constitué principalement d'oxygène.
- [0054] Pour assurer la séparation entre l'oxygène liquide 15 et le gaz 16, et notamment l'isolation thermique entre les deux, conformément à la présente divulgation le réservoir 10 contient des dispositifs de séparation 20. Le nombre de ces dispositifs 20 est choisi de telle sorte qu'ils occupent à peu près toute la surface 18 de l'oxygène liquide 15 contenu dans le réservoir 10.

- [0055] Les figures 2 à 9 présentent différents modes de réalisation pouvant être adoptés pour les dispositifs de séparation 20, dans le cadre de la présente divulgation. Dans les différentes figures, les éléments (ou parties d'éléments) identiques ou similaires portent un même signe de référence. Hormis les différences signalées ci-dessous ou implicites, ces dispositifs sont identiques.
- [0056] Un premier mode de réalisation de dispositif de séparation selon la présente divulgation est présenté par la figure 2.
- [0057] Dans ce mode de réalisation, le dispositif 20 comprend trois parties : un flotteur 30, un lest 40 et un guide de positionnement 50.
- [0058] Il comporte de plus une tige 60, qui sert à fixer rigidement le lest 40 au flotteur 30.
- [0059] Le flotteur 30 sert à isoler thermiquement le liquide contenu dans le réservoir du gaz contenu dans le ciel gazeux.
- [0060] Dans ce but, pour isoler thermiquement le liquide contenu dans le réservoir du gaz contenu dans le ciel gazeux, le flotteur présente l'une des caractéristiques suivantes :
- s'il est plein : le flotteur est constitué essentiellement en un matériau de conductivité thermique inférieure à 0,08 W/mK, voire inférieure à 0,05 W/mK ;
  - s'il est creux : l'épaisseur de la paroi est inférieure à 1 mm, voire à 0,6 mm.
- [0061] Dans le mode de réalisation présenté, le flotteur est constitué par une coque en acier inoxydable creuse, remplie de gaz sous pression. La pression de ce gaz est choisie de manière à empêcher que le flotteur 30 ne s'écrase sous l'effet des pressions auxquelles il doit être soumis dans le réservoir 10.
- [0062] Le flotteur 30 de la figure 2 a une forme de révolution. Il présente une surface supérieure 34 en forme de dôme aplati, et une surface inférieure 36 relativement plate, mais cependant légèrement bombée (vers le bas), et donc convexe.
- [0063] En vue du dessus, le flotteur 30 présente un contour extérieur 32, qui est également le contour extérieur du dispositif 20. Ainsi lorsque plusieurs dispositifs 20 flottent côte à côte à la surface de l'oxygène liquide 15, ils sont en contact au niveau de leurs contours extérieurs 32. Comme ces contours extérieurs sont les contours extérieurs de leurs flotteurs 30 respectifs, les flotteurs 30 ainsi juxtaposés forment une barrière relativement continue au voisinage de la surface 18 du liquide (et éventuellement notamment au niveau de cette surface), qui empêche la vaporisation de l'oxygène liquide 15, et restreint les échanges thermiques entre le liquide 15 et le gaz 16 contenu dans le ciel gazeux du réservoir.
- [0064] Dans ce mode de réalisation (Fig.2), la ligne de flottaison 22 est confondue avec le contour extérieur 32 du flotteur.
- [0065] Le dispositif 20 est donc configuré de telle sorte que le contour extérieur 32 du flotteur 30 se trouve sensiblement à la surface 18 du liquide, lorsque le dispositif 20 est

en position de flottaison. De manière générale, le contour extérieur 32 peut se trouver légèrement au-dessus ou au-dessous de la ligne de flottaison 22.

- [0066] Pour assurer la stabilité du flotteur 30 dans la position de flottaison représentée sur la Fig.2, c'est-à-dire à plat à la surface de l'oxygène liquide 15, le lest 40 est fixé de manière rigide au flotteur 30 au moyen d'une tige rigide 60. En position de flottaison, le lest 40 est situé sous le centre de gravité du flotteur 30, et la tige 60 est verticale.
- [0067] Le lest 40 est constitué par une masse en acier inoxydable en forme de demi-sphère.
- [0068] Grâce au lest 40, lorsqu'il est placé à la surface d'un liquide, le dispositif 20 de séparation adopte une position de flottaison stable sur le liquide, qui définit un côté haut et un côté bas, par rapport à la direction verticale z. En position de flottaison, le flotteur 30 est immergé dans le liquide jusqu'à une ligne de flottaison 22.
- [0069] Pour faciliter la mise en place des dispositifs 20 les uns à côté des autres à la surface de l'oxygène liquide 15, le dispositif 20 comporte un guide de positionnement 50. Ce guide 50 est constitué par une tôle ajourée de forme tronconique, qui relie le contour 32 du flotteur 30 au lest 40. La tôle du guide 50 est agencée de manière à être à la fois tangente au flotteur 30 et au lest 40. Cela permet que le guide 50 ne présente pas d'épaulements ou de parties en saillie, susceptibles de retenir les dispositifs de séparation adjacents et de gêner la mise en place des dispositifs 20 dans le réservoir 10.
- [0070] Lorsque les dispositifs de séparation sont placés dans le réservoir 10 et que celui-ci est rempli au moins en partie d'oxygène liquide, les dispositifs de séparation 20 se placent donc d'eux-mêmes sans intervention extérieure de manière juxtaposée à la surface de l'oxygène liquide 15, comme représenté sur la figure 1.
- [0071] Lors de cette mise en place, pour chaque dispositif 20 avantageusement le guide 50 empêche que d'autres dispositifs de séparation 20 ne pénètrent à l'intérieur du volume intérieur au guide 50, qui constitue ainsi ledit volume réservé 55 disposé sous le flotteur 30, ce qui perturberait et ralentirait la mise en place des dispositifs de séparation 20.
- [0072] Dans ce mode de réalisation, le guide 50 est constitué par une paroi ajourée, en l'occurrence une tôle ajourée. Cette tôle permet que le liquide contenu dans le réservoir 10 puisse entrer et sortir de l'intérieur à l'extérieur du guide 50. Du fait des frottements, ces mouvements dissipent l'énergie cinétique des particules de l'oxygène liquide 15 ; en favorisant la dissipation de l'énergie cinétique de l'oxygène liquide 15, le dispositif de séparation 20 réduit le ballotement du liquide à l'intérieur du réservoir 10.
- [0073] Avantageusement, le guide 50 est fixé à la fois au flotteur 30 et au lest 40 et contribue à la solidité mécanique du dispositif 20.
- [0074] La figure 3 présente un deuxième mode de réalisation du dispositif de séparation 20.
- [0075] Dans ce mode de réalisation, le flotteur 30 ne présente pas la forme de révolution

qu'il avait dans le premier mode de réalisation mais présente, en vue du dessus, un contour extérieur 32 de forme polygonale, en l'occurrence triangulaire (Fig.4B). Cette forme permet que, lorsque des dispositifs 20 flottent côte à côte, chaque arête de leurs contours extérieurs 32 respectifs puisse se placer sensiblement en face d'une arête correspondante d'un autre dispositif identique 20. Ainsi, les flotteurs 30 occupent sensiblement toute la surface libre du liquide contenu dans le réservoir, ce qui minimise les échanges thermiques entre le liquide contenu dans le réservoir et le gaz contenu dans le ciel gazeux du réservoir 10.

[0076] D'autres formes polygonales peuvent être adoptées pour le contour 32 du flotteur 30, notamment une forme carrée (Fig.4C), une forme hexagonale (Fig.4D). Pour chacune de ces formes polygonales, les segments constituant le contour polygonal peuvent être légèrement bombés vers l'extérieur, comme illustré par la Fig.4E pour le cas d'une forme hexagonale.

[0077] La surface inférieure 36 du flotteur 30, bombée, est en forme de pyramide à base triangulaire ; la base de la pyramide étant le contour triangulaire 32.

[0078] Dans ce mode de réalisation, le lest 40 est constitué par une bille d'acier inoxydable : Le sommet de la pyramide est le point supérieur S de cette bille.

[0079] Le guide 50 est constitué par la réunion de trois grilles triangulaires planes 51,52,53. Chacune de ces grilles relie un côté du contour triangulaire 32 au point supérieur S de la bille 40.

[0080] Les grilles 51, 52 et 53 sont fixées au sommet de la bille 40 par des moyens de clipsage non représentés. Tout autre moyen de fixation approprié peut d'ailleurs être envisagé, comme le collage, etc.

[0081] Les grilles 51,52,53 sont réalisées en nylon, avec une formulation assurant une large plage d'élasticité.

[0082] En cas de choc entre dispositifs 20, ces grilles peuvent donc se déformer élastiquement.

[0083] Lors d'un tel choc, la forme pyramidale triangulaire de la surface inférieure 36 du flotteur 30 permet éventuellement que l'une de ces grilles prenne appui sur la surface 36 ; ainsi en cas de choc, la grille se déforme, mais de manière élastique : elle peut reprendre ensuite sa forme initiale. Les dispositifs 20 adoptent alors une position relative finale, dans laquelle les grilles 51,52,53 ont repris leur forme plane normale telle que représentée sur la Fig.3.

[0084] La section de passage des mailles des grilles 51,52 et 53 est plus faible en bas du guide 50 qu'en haut de celui-ci, afin de favoriser la dissipation d'énergie lors du passage de fluide à travers les mailles de ces grilles.

[0085] Dans un troisième mode de réalisation (Fig.5), la surface supérieure 34 du flotteur 30 a la forme d'une calotte sphérique. Un peu au-delà du centre O de cette calotte (vers le

bas) se trouve placé le lest 40, constitué comme précédemment par une bille en acier inoxydable. La surface inférieure 36 du flotteur 30 est plane. Le guide 50 est constitué par une grille métallique, fixée en bas à la bille 40, et fixée en haut au contour 32 du flotteur 30.

- [0086] Dans ce dispositif 20, le contour 32 est constitué par l'arête formée à l'intersection des surfaces supérieure et inférieure 34 et 36 du flotteur 30. Dans ce mode de réalisation, le contour 32 est légèrement immergé sous la surface du liquide, en position de flottaison.
- [0087] Dans un quatrième mode de réalisation (Fig.6), le flotteur 30 présente en vue du dessus un contour 32 carré comme représenté sur la Fig.4C. La section du flotteur 30 est représentée hachurée sur la Fig.6. Comme on peut le voir, dans ce mode de réalisation, le flotteur 30 présente une surface inférieure 36 concave, c'est-à-dire présentant, vue de l'extérieur, un creux, et inversement une surface supérieure 34 convexe. Le flotteur présente ainsi une épaisseur sensiblement constante.
- [0088] A nouveau, le lest 40 est constitué par une bille métallique.
- [0089] Le guide 50 comprend une structure porteuse constituée par quatre tiges 60, grâce à laquelle le lest 40 est fixé au flotteur 30. Chaque tige 60 relie la bille 40 à l'un des angles du contour carré 32.
- [0090] Entre deux tiges 60 consécutives (reliant deux sommets adjacents du contour carré), des fils 62 parallèles les uns aux autres sont tendus d'une tige à l'autre. Ces fils 62 forment ainsi un écran qui empêche qu'un autre dispositif 20 ne pénètre à l'intérieur du guide 50.
- [0091] Dans un cinquième mode de réalisation (Fig.7), le flotteur 30 a une forme de révolution et présente une surface supérieure 34 en forme de dôme aplati et une surface inférieure 36 convexe. Comme dans le premier mode de réalisation, le lest 40 est fixé au flotteur par une tige verticale 60.
- [0092] Comme dans tous les modes de réalisation présentés, le contour extérieur du flotteur s'étend dans un plan horizontal. Au voisinage de ce plan, la paroi extérieure du flotteur 30 est convexe.
- [0093] Par ailleurs, le flotteur 30, ou tout au moins sa portion supérieure 35, présente une forme aplatie suivant un plan horizontal P. Plus précisément, la hauteur H de la portion supérieure 35 du flotteur est inférieure au diamètre D du flotteur (en vue du dessus), et même inférieure à la moitié de ce diamètre.
- [0094] Dans un sixième mode de réalisation (Fig.8), le flotteur 30 est identique au flotteur 30 du dispositif 20 selon le cinquième mode de réalisation (Fig.7).
- [0095] Cependant, dans ce mode de réalisation le guide 50 est formé par un bloc de mousse (matériau alvéolaire). Ce bloc de mousse est agencé de manière à présenter de multiples passages de fluide 64, qui traversent de part en part le guide 50. Il est formé

par fabrication additive.

- [0096] La mousse peut être par exemple une mousse métallique (notamment en aluminium, titane, ou leurs alliages), une mousse d'un caoutchouc de la famille des élastomères fluorés comme le Viton (marque déposée) ou encore une mousse de polyéthylène.
- [0097] Cette mousse peut être rigide. Elle peut également être souple, notamment pour minimiser le risque d'endommagement de parties intérieures au réservoir suite à un choc avec les dispositifs de séparation.
- [0098] Les matériaux de chacun des composants du dispositif 20 sont naturellement sélectionnés pour être compatibles avec l'ergol contenu dans le réservoir.
- [0099] Dans ce mode de réalisation, le guide 50 assure la fixation du lest 40 au flotteur 30. Par conséquent, le dispositif 20 ne comporte pas de colonne de fixation 60, contrairement au cinquième mode de réalisation.
- [0100] Dans ce mode de réalisation, le contour extérieur du flotteur s'étend dans un plan horizontal. Au voisinage de ce plan, le flotteur présente une surface cylindrique de faible hauteur  $H_2$ . Cette hauteur  $H_2$  est inférieure à  $D/4$ , où  $D$  est le diamètre du flotteur en vue du dessus.
- [0101] Dans ce mode de réalisation, le guide 50 présente, en dessous du contour extérieur 32, sur toute sa hauteur, une section d'aire strictement décroissante dans le sens allant du haut vers le bas. Ainsi, l'aire  $A(z)$  d'une section du guide 50 dans un plan  $Pz$  situé à une hauteur  $z$  (Fig.8) ne fait que décroître lorsque  $z$  décroît du plan  $P_1$  de raccordement du guide 50 au flotteur 30 au plan  $P_2$  de raccordement du guide 50 au lest 40.
- [0102] Dans ce mode de réalisation, en coupe dans tout plan vertical passant par l'axe  $z$  du dispositif 20, ainsi qu'en coupe dans tout plan horizontal, la section du guide 50 est convexe. (En coupe dans un plan horizontal  $P(z)$ , la coupe du guide 50 forme sensiblement un cercle et peut être représentée schématiquement par un simple cercle.
- [0103] Dans un septième mode de réalisation (Fig.9), le contour extérieur du flotteur 20 présente (en vue de dessus) une forme sensiblement polygonale, en l'occurrence hexagonale. Les segments définissant cette forme polygonale peuvent être des segments de droite, mais ils peuvent aussi être légèrement bombés vers l'extérieur, comme représenté sur la Fig.4E. Dans ce mode de réalisation, le flotteur est un flotteur creux en acier inoxydable.
- [0104] Le guide 50, dans ce mode de réalisation, est formé en matériau plein, mais est cependant percé de multiples passages de fluide 64.
- [0105] Dans ce mode de réalisation la surface extérieure du guide 50 présente des arêtes sortantes 54. Ces arêtes 54 sont reliées aux sommets du contour extérieur 32 du flotteur 30. En vue latérale, ces arêtes sont obliques. Elles s'étendent en tournant vers le bas à partir des sommets du flotteur 30.
- [0106] La présence des arêtes 54 permet de limiter le contact entre dispositifs de séparation

adjacents à des contacts ponctuels, ce qui favorise le glissement de ces dispositifs les uns par rapport aux autres, et facilite donc leur mise en place en une couche unique à la surface de l'oxygène liquide 15.

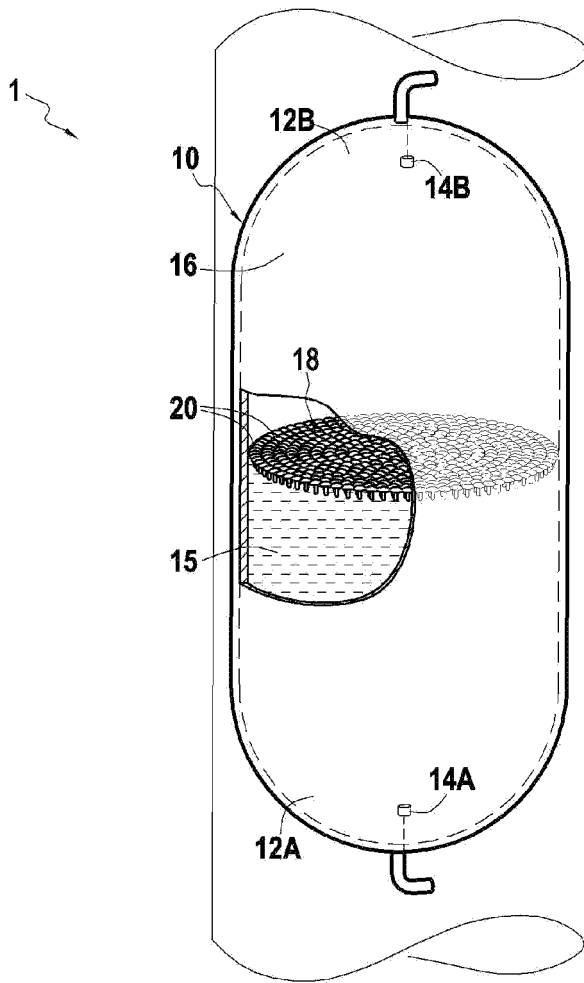
[0107] Quoique la présente invention ait été décrite en se référant à des exemples de réalisation spécifiques, il est évident que des différentes modifications et changements peuvent être effectués sur ces exemples sans sortir de la portée générale de la présente divulgation telle que définie par les revendications. En particulier, bien que la présente divulgation ait été présentée dans le cas d'un réservoir pour moteur-fusée, elle est applicable à bien d'autres types de réservoirs, contenant des liquides de toutes natures (produits chimiques, pétroliers, produits de l'industrie agro-alimentaire, etc.). Le réservoir peut être toute capacité contenant ou prévue pour contenir un liquide ; par exemple, une grotte permettant le stockage de liquide sous terre. En outre, des caractéristiques individuelles des différents modes de réalisation évoqués peuvent être combinées dans des modes de réalisation additionnels. Par conséquent, la description et les dessins doivent être considérés dans un sens illustratif plutôt que restrictif.

## Revendications

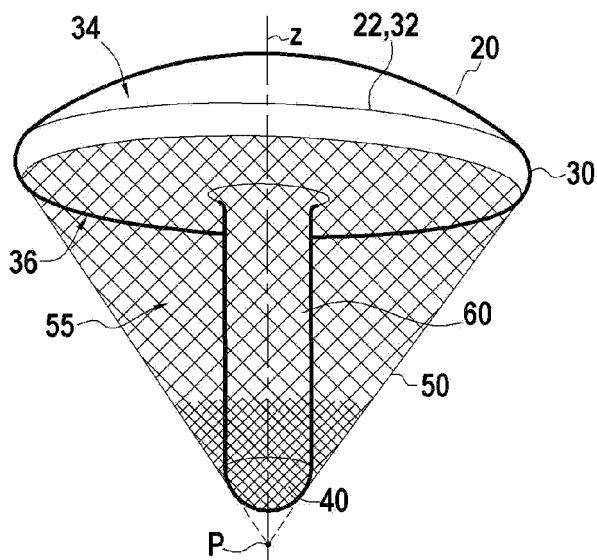
- [Revendication 1] Dispositif de séparation (20) pour séparer un liquide (15) d'un ciel gazeux (16) environnant ;  
 le dispositif comprenant un flotteur (30), un lest (40), et un guide de positionnement (50) ;  
 le lest (40) étant rigidement lié au flotteur (30) de telle sorte que le dispositif présente une position de flottaison stable, définissant un côté haut et un côté bas ;  
 le flotteur (30) présentant, en vue du dessus, un contour extérieur (32) ;  
 le guide de positionnement (50) étant agencé de manière à empêcher qu'un autre dispositif identique ne pénètre dans un volume réservé (55) que le guide de positionnement délimite sous le flotteur (30), et à permettre une circulation du liquide entre un extérieur et au moins une partie d'un intérieur dudit volume réservé (55).
- [Revendication 2] Dispositif de séparation selon la revendication 1, dont le flotteur (30) ou une partie supérieure (35) du flotteur présente une forme aplatie dans un plan horizontal.
- [Revendication 3] Dispositif de séparation selon la revendication 1 ou 2, dans lequel au voisinage d'un plan contenant le contour extérieur (32) du flotteur (30), une paroi extérieure du flotteur (30) est convexe ou présente une surface verticale de hauteur inférieure à  $D/4$ , où  $D$  est un plus grand diamètre du flotteur au niveau du contour extérieur (32).
- [Revendication 4] Dispositif de séparation selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dont le flotteur (30) présente une surface inférieure (36) convexe, concave, ou plane.
- [Revendication 5] Dispositif de séparation selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dont le flotteur (30) est creux.
- [Revendication 6] Dispositif de séparation selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dont le flotteur (30) est en métal.
- [Revendication 7] Dispositif de séparation selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dont le guide (50) présente, en dessous dudit contour extérieur (32), sur au moins 70% d'une hauteur du guide, une section d'aire strictement décroissante dans le sens allant du haut vers le bas.
- [Revendication 8] Dispositif de séparation selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel en coupe dans un plan vertical ou dans tout plan vertical ; et/ou en coupe dans un plan horizontal ou dans tout plan horizontal, une section d'une surface extérieure du guide (50) est convexe.

- [Revendication 9] Dispositif de séparation selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dont une surface extérieure du guide (50) présente des arêtes sortantes (54), et en vue latérale, une pluralité desdites arêtes sont obliques.
- [Revendication 10] Dispositif de séparation selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dont le guide (50) comporte, ou est formé essentiellement par, une paroi ajourée, une grille (51,52,53), des fils (62) ; ou encore par un matériau plein ou alvéolaire et comportant des passages de fluide.
- [Revendication 11] Dispositif de séparation selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, comportant en outre au moins une tige (60) reliant le lest (40) au flotteur (30).
- [Revendication 12] Dispositif de séparation selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, dont le lest (40) est relié au flotteur (30) par le guide (50), notamment uniquement par le guide (50).
- [Revendication 13] Réservoir (10) comprenant un liquide (15) et au moins un dispositif de séparation (20) suivant l'une quelconque des revendications 1 à 12.
- [Revendication 14] Engin spatial (1), comportant un réservoir (10) selon la revendication 13.

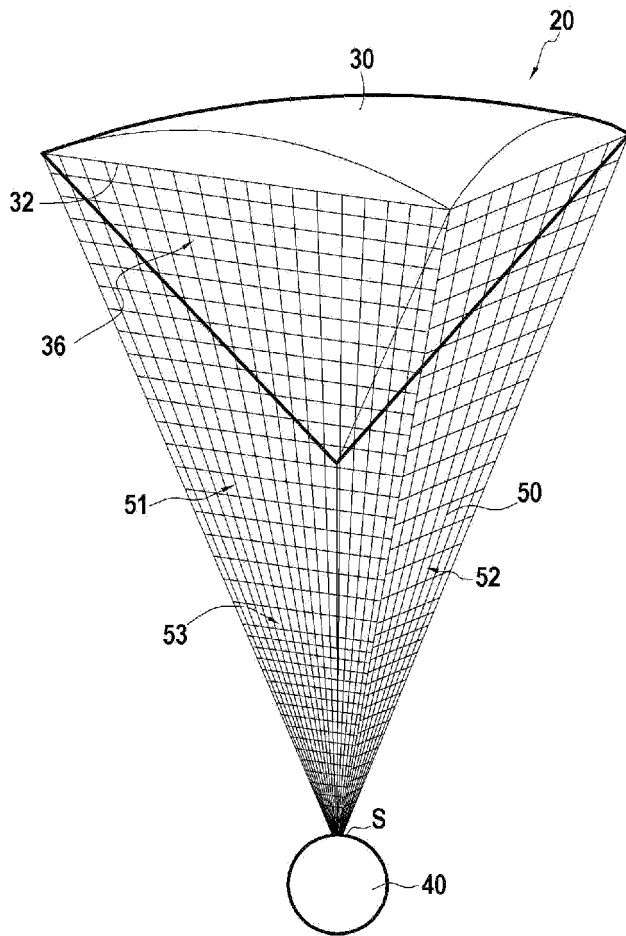
[Fig. 1]



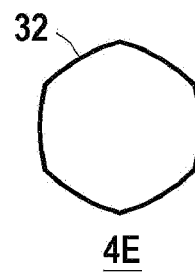
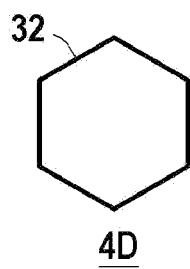
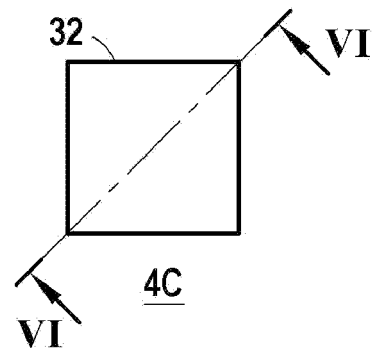
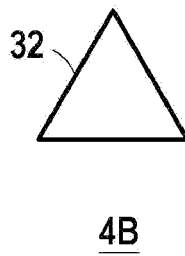
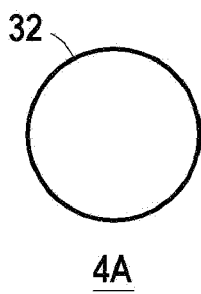
[Fig. 2]



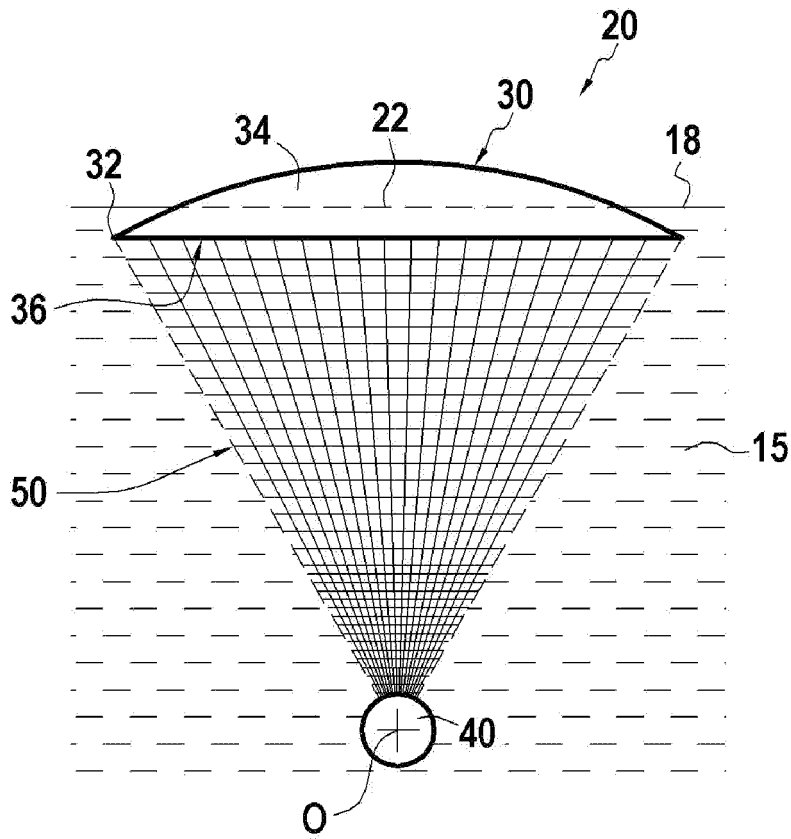
[Fig. 3]



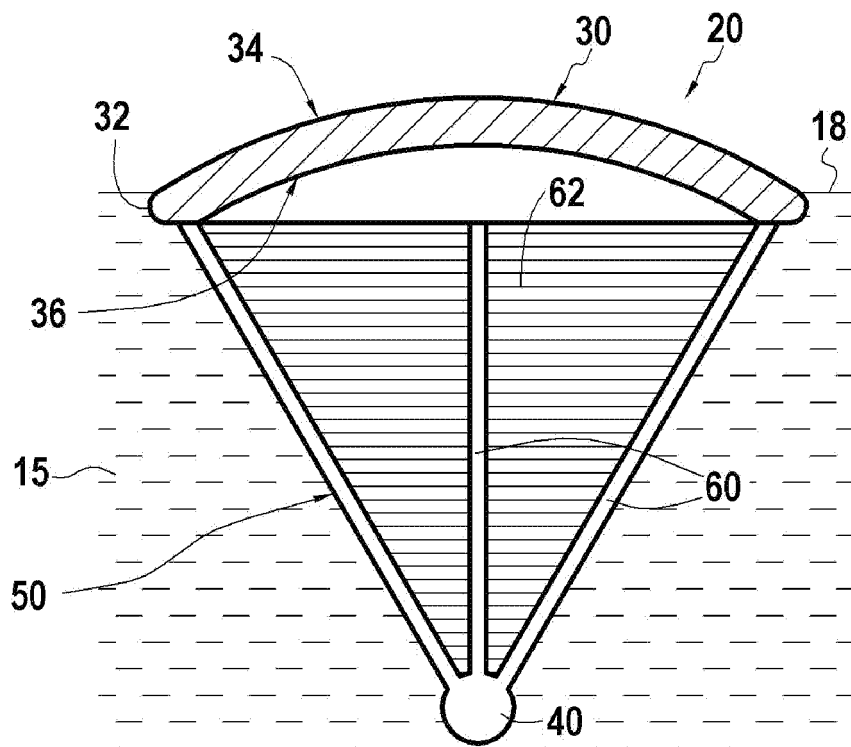
[Fig. 4A-4E]



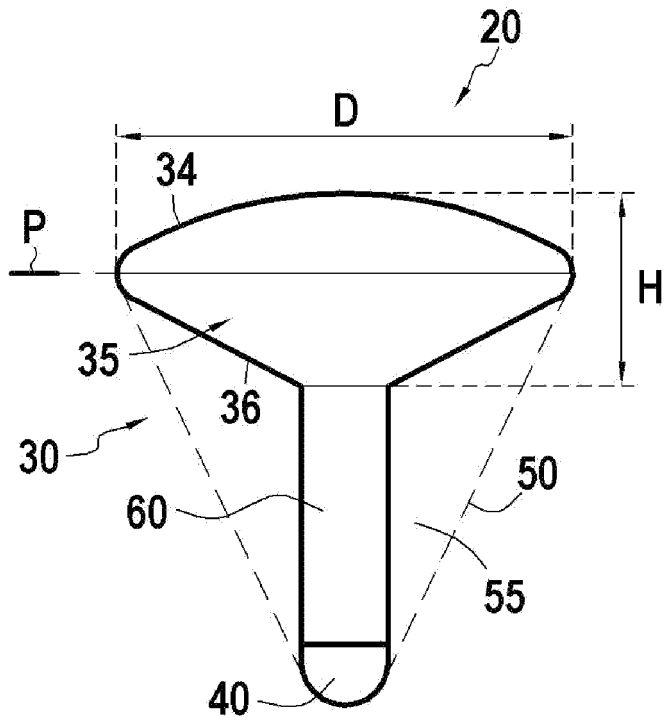
[Fig. 5]



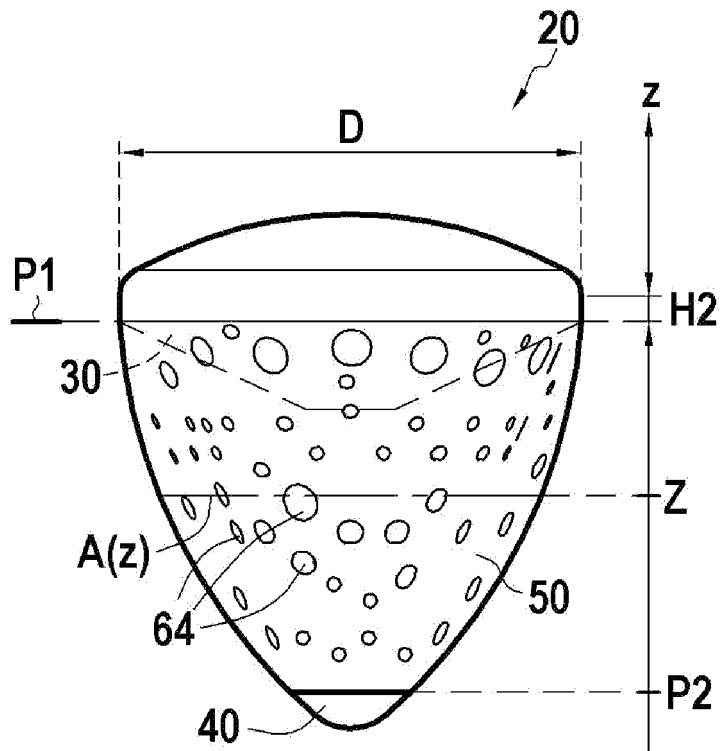
[Fig. 6]



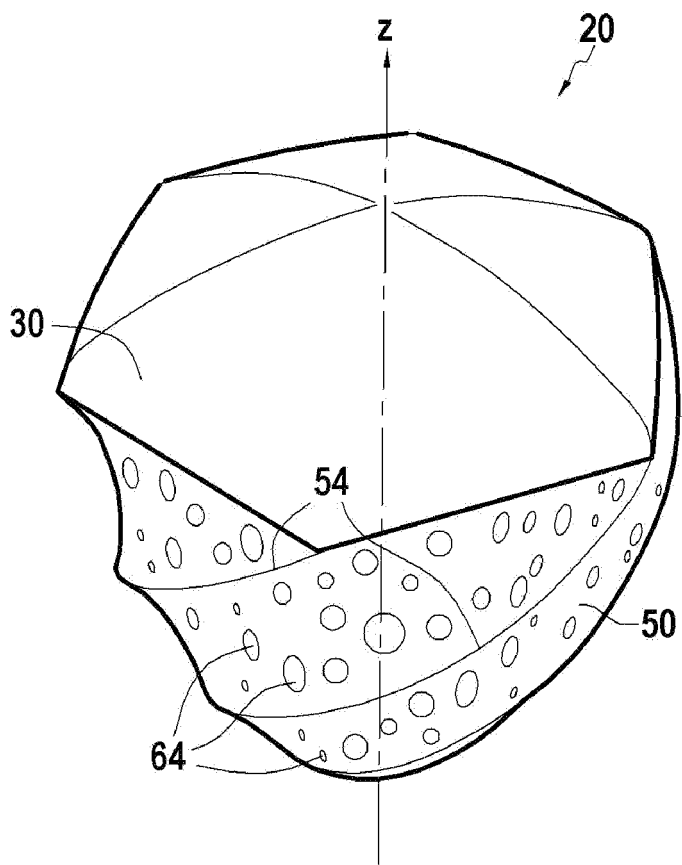
[Fig. 7]



[Fig. 8]



[Fig. 9]



**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

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

N° d'enregistrement  
national

FA 866992  
FR 1904452

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	EP 2 801 539 A1 (MOHAMMADI PEDRAM [HU]; HERMANN LASZLO [HU]) 12 novembre 2014 (2014-11-12)	1-8, 10-13	B64D37/02 B64D37/30 F02C7/22
Y	* figures *	9,14	B65D90/38
X	----- AU 2008 255 171 A1 (DAVID WRIGHT) 25 juin 2009 (2009-06-25) * figures *	1-6,8, 10,12,13	
Y	----- FR 3 069 024 A1 (ARIANEGROUP SAS [FR]) 18 janvier 2019 (2019-01-18) * figures *	9,14	
	-----		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			B64D F02C F17C F02K B65D
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
21 janvier 2020		Douhet, Hervé	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date	
autre document de la même catégorie		de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		.....	
		& : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1904452 FA 866992**

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 **21-01-2020**

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
EP 2801539	A1	12-11-2014	EP 2801539 A1 12-11-2014
			ES 2575394 T3 28-06-2016
			HU E029719 T2 28-03-2017
			IL 242444 A 31-03-2019
			JP 6457493 B2 23-01-2019
			JP 2016519027 A 30-06-2016
			PL 2801539 T3 30-09-2016
			PT 2801539 E 03-06-2016
			SG 11201509137U A 30-12-2015
			US 2016108633 A1 21-04-2016
			WO 2014181142 A1 13-11-2014
-----			
AU 2008255171	A1	25-06-2009	AUCUN
-----			
FR 3069024	A1	18-01-2019	AUCUN
-----			