

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la  
Propriété Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
4 septembre 2014 (04.09.2014)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2014/131990 A2**

(51) Classification internationale des brevets : Non classée

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2014/050412

(22) Date de dépôt international :  
26 février 2014 (26.02.2014)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
1351698 26 février 2013 (26.02.2013) FR

(71) Déposants : SNECMA [FR/FR]; 2 boulevard du Général  
Martial Valin, F-75015 Paris (FR). HERAKLES [FR/FR];  
Rue de Touban, Les Cinq Chemins, F-33185 Le Haillan  
(FR).

(72) Inventeurs : DUCHEMIN, Olivier, Bernard; 12 rue Jo-  
seph Lemarchand, F-78114 Magny Les Hameaux (FR). IN-  
DERSIE, Dominique; 18 rue Sainte-Catherine, F-27200

Vernon (FR). CAUBET, Pascal, Benoît; c/o HERAKLES,  
Rue de Touban, Les Cinq Chemins, F-33185 Le Haillan  
(FR). YVART, Pierre; 52 rue Maurice Ravel, F-91610  
Ballancourt Sur Essonne (FR).

(74) Mandataires : BESNARD, Christophe et al.; 158 Rue de  
l'Université, F-75340 Paris Cedex 07 (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre  
de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,  
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,  
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,  
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,  
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,  
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME,  
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,  
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,  
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,  
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,  
ZW.

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : SPACE PROPULSION MODULE HAVING ELECTRIC AND SOLID-FUEL CHEMICAL PROPULSION

(54) Titre : MODULE DE PROPULSION SPATIALE A PROPULSION ELECTRIQUE ET CHIMIQUE A PROPERGOL SO-  
LIDE

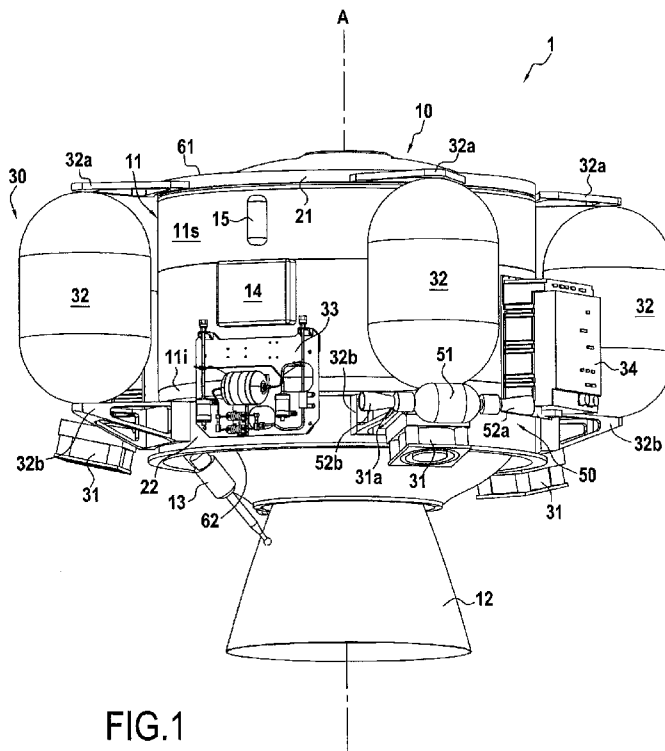
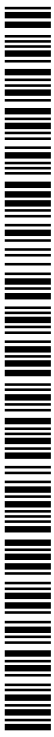


FIG.1

(57) Abstract : A space propulsion module in parti-  
cular for equipping spacecraft such as satellites,  
probes, or indeed upper stages of rockets. According  
to the invention, this space propulsion module com-  
prises a solid-fuel chemical thruster (10), having a  
main body (11), and at least one electric thruster  
(30), said at least one electric thruster (30) being  
mounted on said main body (11) of the solid-fuel  
chemical thruster (10).

(57) Abrégé : Module de propulsion spatiale notam-  
ment pour équiper des engins spatiaux tels que des  
satellites, des sondes, ou encore des étages supé-  
rieurs de fusée. Selon l'invention, ce module de propulsion  
spatiale comprend un propulseur chimique à proper-  
gol solide (10), possédant un corps principal (11), et  
au moins un propulseur électrique (30), ledit au  
moins un propulseur électrique (30) étant monté sur  
ledit corps principal (11) du propulseur chimique à  
propergol solide (10).



WO 2014/131990 A2



**(84) États désignés** (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,

SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Publiée :**

— *sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport (règle 48.2.g)*

## MODULE DE PROPULSION SPATIALE A PROPULSION ELECTRIQUE ET CHIMIQUE A PROPERGOL SOLIDE

### DOMAINE DE L'INVENTION

5 Le présent exposé concerne un module de propulsion spatiale.

Un tel module de propulsion spatiale peut équiper des engins spatiaux tels que des satellites, des sondes, ou encore des étages supérieurs de fusée pour ne citer que ces exemples. Il est notamment particulièrement utile pour assurer des transferts d'orbite.

10

### ETAT DE LA TECHNIQUE ANTERIEURE

Les satellites et autres engins spatiaux sont habituellement équipés de propulseurs permettant leur manœuvre dans l'espace. En particulier, il est fréquent que les lanceurs n'amènent pas directement leurs charges utiles jusqu'à leurs orbites nominales de fonctionnement qui sont parfois très éloignées. Les lanceurs libèrent alors leurs charges utiles sur une orbite de transfert elliptique dont le périégée est relativement proche de la Terre tandis que l'apogée se situe à l'altitude de l'orbite de fonctionnement : dès lors, ce sont les propulseurs de l'engin spatial qui sont chargés de corriger sa trajectoire pour rejoindre l'orbite de fonctionnement prévue.

Ces propulseurs sont fréquemment des propulseurs chimiques à ergols liquides : ces propulseurs chimiques sont capables d'offrir des accélérations importantes de l'ordre de plusieurs g ou dizaines de g mais souffrent d'une impulsion spécifique assez faible. L'impulsion spécifique (Isp) est proportionnelle au rapport entre la poussée du propulseur et le débit massique de matière éjectée : il traduit donc d'une certaine manière l'efficacité énergétique du propulseur. Les engins spatiaux ainsi équipés atteignent donc rapidement leurs orbites de fonctionnement mais embarquent une plus grande masse de carburant, ce qui augmente significativement le coût du lancement.

Toutefois, depuis quelques années, des propulseurs électriques ont été développés : ces propulseurs produisent une poussée par accélération et éjection de particules chargées, des ions notamment. Ces propulseurs électriques présentent une impulsion spécifique bien meilleure, environ 5 à 10 fois plus grande que celle des propulseurs chimiques. Ils fournissent en

revanche des accélérations très faibles, de l'ordre de  $10^{-5}$  g. Les engins spatiaux ainsi équipés embarquent donc moins de carburant, ce qui permet de satelliser une charge utile plus importante ou de réduire les coûts de lancement. En revanche, la mise à poste prend beaucoup plus de temps, en général de l'ordre de 8 à 9 mois, et retarde donc la mise en œuvre du satellite, ce qui représente un fort inconvénient commercial. En outre, la correction de trajectoire étant plus lente, l'engin spatial navigue à de nombreuses reprises durant une période importante au sein de la ceinture de radiations de Van Allen qui coupe l'orbite de transfert : l'engin est ainsi exposé à un risque élevé d'endommagement par les radiations et nécessite donc un blindage particulier.

Il existe donc un réel besoin pour un engin spatial d'un nouveau type muni d'une propulsion qui soit dépourvue, au moins en partie, des inconvénients inhérents aux propulsions connues précitées.

#### PRESENTATION DE L'INVENTION

Le présent exposé concerne un module de propulsion spatiale, comprenant un propulseur chimique à propergol solide, possédant un corps principal, et au moins un propulseur électrique, ledit au moins un propulseur électrique étant monté sur ledit corps principal du propulseur chimique à propergol solide.

Les propulseurs chimiques à propergol solide, également appelés ci-après propulseurs solides, proposent une gamme de poussée comparable à celle des propulseurs chimiques à ergols liquides : ils se substituent donc facilement aux propulseurs liquides dans un usage de type forte poussée, notamment en tant que propulseur principal d'un engin spatial. Ils s'utilisent ainsi avantageusement lorsque les manœuvres doivent être rapidement exécutées : il peut s'agir par exemple d'une manœuvre de sortie d'un environnement néfaste pour l'engin comme celui des ceintures de radiations de Van Allen par exemple, ou d'une manœuvre d'urgence.

De plus, les propulseurs solides sont moins complexes, plus simples de mise en œuvre, et donc moins coûteux que leurs homologues liquides. Le stockage, notamment, d'un propergol solide est simplifié : en particulier, celui-ci ne nécessite pas de réservoirs pressurisés, de conduites d'amenée, de vannes d'isolement ou de régulation, ou de préchauffeur. Il n'impose pas non plus un stockage séparé de deux ergols, ni un dispositif

permettant leur mélange avant la combustion. Outre une simplicité accrue, ces propulseurs solides réduisent la masse des équipements emportés augmentant d'autant la masse utile disponible de l'engin, ce qui est un autre avantage économique important. En outre, la toxicité des propergols solides est généralement moindre que celle des ergols liquides, ce qui les rend donc moins sujets à des restrictions environnementales.

Les propulseurs électriques fournissent quant à eux une poussée beaucoup plus faible mais offrent une Isp plus importante : ils se substituent donc avantageusement aux propulseurs chimiques pour des manœuvres peu contraintes en durée dans lesquelles l'engin ne verra son vecteur vitesse significativement altéré qu'au bout d'une durée plus importante.

Le module de propulsion combine ainsi les avantages des propulseurs solides et des propulseurs électriques tout en réduisant l'impact de leurs défauts respectifs en tirant profit des spécificités des différentes manœuvres à exécuter.

Dans le contexte des manœuvres de transfert d'orbite par exemple, un tel module de propulsion est ainsi particulièrement avantageux puisqu'il peut utiliser alternativement sa propulsion solide ou sa propulsion électrique pour profiter d'une forte poussée ou au contraire d'une Isp importante en fonction de sa position, vis-à-vis des ceintures de Van Allen par exemple, ou des caractéristiques de sa trajectoire. Un tel module permet ainsi la mise à poste d'une charge utile plus importante en conservant une durée de transfert raisonnable ne retardant que peu ou pas du tout la mise en œuvre du satellite, cette durée de transfert n'excédent généralement pas 2 ou 3 mois. Naturellement, le cas échéant, il est également possible d'utiliser simultanément les propulsions solide et électrique.

Enfin, une telle configuration dans laquelle le propulseur électrique est monté sur le corps principal du propulseur chimique à propergol solide est particulièrement compacte et offre au module de propulsion une forte intégration qui renforce son caractère de module autonome apte à équiper sans modifications substantielles une large gamme d'engins spatiaux nécessitant une telle fonction de propulsion.

Dans certains modes de réalisation, le corps principal du propulseur chimique à propergol solide est réalisé en matériau composite. Une telle

catégorie de matériaux permet en effet un gain de masse important, ce qui permet d'embarquer une masse utile d'autant plus importante.

5 Dans certains modes de réalisation le propulseur chimique à propergol solide comprend un chargement de combustible, stocké dans le corps principal, une tuyère d'éjection, et un boîtier d'alimentation et de régulation électronique.

10 Dans certains modes de réalisation, la tuyère d'éjection du propulseur chimique à propergol solide est orientable. Elle peut ainsi être avantageusement équipée de deux vérins électromécaniques permettant la commande de la trajectoire en lacet et tangage.

15 Dans certains modes de réalisation, le propulseur électrique est monté sur le corps principal du propulseur chimique à propergol solide par l'intermédiaire d'une structure de fixation comprenant une bride supérieure, pourvue au niveau de l'extrémité supérieure du corps principal du propulseur chimique à propergol solide, et une bride inférieure pourvue  
20 au niveau de l'extrémité inférieure du corps principal du propulseur chimique à propergol solide. La mise en place de ces brides permet de regrouper la plupart des fixations dans des zones de taille restreinte ce qui permet une meilleure rationalisation d'ensemble avec notamment une  
25 meilleure gestion des contraintes mécaniques causées par la fixation du propulseur électrique sur le propulseur solide. En particulier, il est possible de munir ces brides d'une structure et/ou d'une géométrie apte à supporter, voire amortir (en vibration), ces efforts mécaniques sans endommager le corps principal du propulseur solide.

25 Dans certains modes de réalisation, la bride supérieure est une bride cylindrique de cerclage montée sur le corps principal.

Dans certains modes de réalisation, la bride supérieure est une bride annulaire montée sur une jupe supérieure du corps principal du propulseur chimique à propergol solide.

30 Dans d'autres modes de réalisation, la bride supérieure est une bordure faisant saillie le long d'un contour supérieur du corps principal du propulseur chimique à propergol solide. Avantageusement, il peut s'agir alors d'une simple surépaisseur de la paroi latérale du corps principal prévue le long du bord supérieur de ce dernier.

35 Dans certains modes de réalisation, la bride inférieure est une bride cylindrique de cerclage montée sur le corps principal. Cette bride

cylindrique peut ainsi être montée facilement, par cerclage notamment, autour du corps principal sans endommager ce dernier.

Dans certains modes de réalisation, la bride inférieure est une bride cylindrique de cerclage montée sur une jupe inférieure du corps principal.

5 Dans d'autres modes de réalisation, la bride inférieure est une bordure faisant saillie le long d'un contour inférieur du corps principal du propulseur chimique à propergol solide.

10 Dans certains modes de réalisation, le propulseur électrique comprend un organe de propulsion électrique et un réservoir de fluide propulsif. L'organe de propulsion peut être de tout type connu et notamment du type à plasma stationnaire ; le fluide propulsif peut être de différentes natures et notamment du xénon, du krypton, de l'argon ou un mélange de ces éléments.

15 Dans certains modes de réalisation, le propulseur électrique comprend en outre un étage de régulation de pression prévu entre le réservoir de fluide propulsif et l'organe de propulsion électrique.

20 Dans certains modes de réalisation, l'organe de propulsion électrique est fixé sur la bride inférieure et orienté vers l'arrière du module. Cette position permet de propulser le module vers l'avant tout en réduisant le risque de projection de particules issues de l'organe de propulsion électrique sur le propulseur solide.

Dans certains modes de réalisation, le réservoir de fluide propulsif est fixé entre les brides inférieure et supérieure.

25 Dans certains modes de réalisation, le module comprend en outre un système de commande d'orientation sur au moins un axe comprenant au moins un propulseur à gaz. Un tel système de commande peut notamment assurer la stabilité de la trajectoire en roulis. Ce propulseur peut être indifféremment à gaz froids ou chauds.

30 Dans certains modes de réalisation, le propulseur à gaz est fixé sur la bride inférieure et orienté tangentiellement à ladite bride inférieure.

Dans certains modes de réalisation, le gaz utilisé par le propulseur à gaz est le même fluide propulsif utilisé par le propulseur électrique et provient alors du réservoir de fluide propulsif du propulseur électrique.

35 Dans d'autres modes de réalisation, le gaz utilisé par le propulseur à gaz est distinct du fluide propulsif et provient d'un réservoir spécifique. Il peut notamment s'agir d'un réservoir d'azote.

Dans certains modes de réalisation, la bride supérieure est munie d'une interface mécanique supérieure apte à être connectée à un engin spatial tel un satellite.

5 Dans certains modes de réalisation, la bride inférieure est munie d'une interface mécanique inférieure apte à être connectée à un lanceur spatial.

10 Dans certains modes de réalisation, les diamètres des interfaces mécaniques supérieure et inférieure sont identiques. Grâce à ces interfaces, le module propulsif peut être inséré aisément et sans adaptation supplémentaire substantielle, entre un satellite et un lanceur lors de la préparation de la mission.

15 Dans certains modes de réalisation, le propulseur électrique est monté sur le corps principal du propulseur chimique à propergol solide par l'intermédiaire d'une structure de châssis fixée autour du propulseur chimique à propergol solide. Une telle structure offre une grande liberté de fixation du propulseur électrique et d'éventuels organes auxiliaires autour du propulseur solide, la structure de châssis pouvant quant à elle être fixée sur le corps principal du propulseur solide en un nombre réduit de points dans des zones peu sensibles de manière à ne pas endommager ce dernier. En outre, une telle structure de châssis formant interface entre le propulseur électrique et le propulseur solide permet un découplage plus important entre les sollicitations mécaniques générées par chaque propulseur. Dans un tel cas, il est alors possible d'utiliser sans adaptation substantielle un propulseur solide préexistant.

20 Dans certains modes de réalisation, la structure de châssis possède une géométrie tronconique ou cylindrique.

25 Dans certains modes de réalisation, l'organe de propulsion électrique est fixé sur la paroi intérieure de la structure de châssis et orienté vers l'arrière du module. La disposition interne de l'organe de propulsion électrique vis-à-vis de la structure de châssis permet d'une part d'éviter la projection de particules sur la structure de châssis et d'autre part de bénéficier de plus de place sur la surface extérieure pour la fixation d'éventuels organes auxiliaires.

30 Dans certains modes de réalisation, le réservoir de fluide propulsif est fixé sur la paroi extérieure de la structure de châssis. Il est de

préférence fixé tangentiellement par rapport à la direction principale du châssis qui coïncide avec la direction principale du module.

5 Dans certains modes de réalisation, le propulseur à gaz du système de commande d'orientation sur au moins un axe est fixé sur la paroi extérieure de la structure de châssis et orienté tangentiellement par rapport à la direction principale du module.

10 Dans certains modes de réalisation, la structure de châssis comprend une portion supérieure de support munie à son extrémité supérieure d'une interface mécanique supérieure apte à être connectée à un engin spatial tel un satellite.

15 Dans certains modes de réalisation, la structure de châssis comprend une portion inférieure tronconique d'adaptation, s'évasant depuis la portion supérieure, munie à son extrémité inférieure d'une interface mécanique inférieure apte à être connectée à un lanceur spatial. Grâce à ces interfaces, le module propulsif peut se substituer aisément à l'adaptateur de transition de diamètre habituellement nécessaire entre les interfaces d'un lanceur et d'un engin spatial tel un satellite.

20 Dans certains modes de réalisation, le module propulsif comprend en outre des moyens de production électrique, de communication et de navigation lui permettant de fonctionner en autonomie.

25 Les caractéristiques et avantages précités, ainsi que d'autres, apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui suit, d'exemples de réalisation du module proposé. Cette description détaillée fait référence aux dessins annexés.

#### BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

Les dessins annexés sont schématiques et visent avant tout à illustrer les principes de l'invention.

30 Sur ces dessins, d'une figure (FIG) à l'autre, des éléments (ou parties d'élément) identiques sont repérés par les mêmes signes de référence. En outre, des éléments (ou parties d'élément) appartenant à des exemples de réalisation différents mais ayant une fonction analogue sont repérés sur les figures par des références numériques incrémentées de 100, 200, etc.

35 La FIG 1 est une vue de profil d'un premier exemple de module propulsif.

La FIG 2A est une vue en perspective d'un deuxième exemple de module propulsif.

La FIG 2B est une vue en contreplongée de l'exemple de la FIG 2A.

## 5 DESCRIPTION DETAILLÉE D'EXEMPLE(S) DE RÉALISATION

Afin de rendre plus concrète l'invention, des exemples de modules sont décrits en détail ci-après, en référence aux dessins annexés. Il est rappelé que l'invention ne se limite pas à ces exemples.

La FIG 1 représente un premier exemple de réalisation d'un module propulsif 1. Celui-ci comporte un propulseur chimique à propergol solide 10 autour duquel sont montés un certain nombre d'organes constitutifs du propulseur électrique 30 ou de fonctions auxiliaires.

Le propulseur chimique à propergol solide 10, également appelé propulseur solide, est globalement symétrique de révolution selon son axe principal A et comprend un corps principal 11, renfermant un chargement de propergol solide, et une tuyère 12 disposée axialement en arrière du corps principal 11.

Cette tuyère 12 est orientable au moyen de deux vérins électromécaniques 13 (dont l'un n'est pas visible sur la FIG 1) disposés à 90° l'un de l'autre autour de la tuyère 12 : ces derniers permettant ainsi de commander la tuyère pour agir sur les composantes de lacet et de tangage de la trajectoire du module 1 et donc de l'engin spatial qu'il équipe. Dans un autre exemple, une configuration à double tuyère, chacune orientée par deux vérins électromécaniques à 90°, pourrait également être utilisée pour assurer le contrôle en roulis de l'engin.

Ces vérins 13 sont commandés par un boîtier de commande des vérins 14 fixé sur la surface latérale du corps principal 11. En outre, une batterie 15 est également fixée sur la surface latérale du corps principal 11 pour alimenter les systèmes du module propulsif 1 lorsque celui-ci ne bénéficie pas de source d'alimentation électrique externe, notamment lorsque les panneaux solaires de l'engin spatial ne sont pas encore déployés.

Le corps principal 11 est réalisé préférentiellement en matériau composite. Pour limiter le nombre de fixations pratiquées dans le corps principal 11 en composite et éviter ainsi au maximum d'endommager ce

dernier, le corps principal 11 est muni de deux interfaces de fixations 21 et 22.

5 La première est une bride de fixation supérieure 21 montée au niveau de l'extrémité supérieure du corps principal 11. Cette bride de fixation supérieure 21, de forme annulaire, est ainsi une pièce rapportée, de préférence en alliage d'aluminium, qui est montée par pionnage ou vissage par exemple sur une jupette composite 11s prolongeant la portion de plus fort diamètre du corps principal 11 vers le haut.

10 La deuxième interface de fixation est une bride de fixation inférieure 22 montée au niveau de l'extrémité inférieure du corps principal 11. Cette bride de fixation inférieure 22, de forme annulaire, est ainsi une pièce rapportée, de préférence en alliage d'aluminium, qui est montée par pointage ou vissage par exemple sur une jupette composite 11i prolongeant la portion de plus fort diamètre du corps principal 11 vers le bas.

15 Ces deux brides de fixation 21 et 22 permettent la fixation du propulseur électrique 30 sur le propulseur solide 10. Ce propulseur électrique 30 comprend une pluralité de platines de propulsion électrique 31, une pluralité de réservoir de fluide propulsif 32 alimentant les platines de propulsion 31, un dispositif de régulation de pression 33, ainsi qu'un  
20 boîtier d'alimentation et de régulation électronique 34, communément appelé PPU (pour « Power Processing Unit »), pour chaque platine de propulsion 31.

25 Chaque platine de propulsion électrique 31 est du type propulseur à plasma stationnaire : elle consomme du fluide propulsif qu'elle ionise et accélère, sous forme de plasma, grâce à l'action de champs électriques forts générés par la PPU 34 de la platine 31 considérée. Le plasma ainsi éjecté par la platine 31 génère par réaction une poussée accélérant le module 1. Chaque platine 31 est montée sur la bride de fixation inférieure  
30 22 par l'intermédiaire d'une attache 31a de manière à ce qu'elle soit dirigée vers l'arrière du module 1. Elles sont de préférence au nombre de trois réparties à 120° chacune autour de l'axe A. La direction de la poussée de chaque platine de propulsion 31 peut former un petit angle avec la direction portée par l'axe A : dans un tel cas, les directions des  
35 poussées de l'ensemble des platines de propulsion 31 concourent en un

point de l'axe A préférentiellement situé au centre de gravité de l'ensemble constitué par le module propulsif et l'engin spatial propulsé.

Les réservoirs de fluide propulsifs 32 contiennent le fluide propulsif nécessaire au fonctionnement des platines de propulsion 31 : il s'agit de préférence de xénon. Leur nombre n'est pas forcément égal à celui des platines de propulsion 31 : dans cet exemple de réalisation, le module 1 comporte ainsi quatre réservoirs de fluide propulsif 32 (le quatrième est masqué par le propulseur solide 10). Chaque réservoir de fluide propulsif 32 est fixé, au niveau d'une première extrémité, à la bride de fixation supérieure 21 par l'intermédiaire d'une première attache 32a et, au niveau d'une deuxième extrémité, à la bride de fixation inférieure 22 par l'intermédiaire d'une deuxième attache 32b. Ils sont ainsi disposés de manière sensiblement parallèle à l'axe A et à 90° chacun autour de l'axe A.

Le dispositif de régulation de pression 33 permet de réduire la pression du fluide propulsif avant qu'il n'alimente les platines de propulsion 31. Il est ici prévu en un seul exemplaire fixé sur la bride de fixation inférieure 22. En appoint, il peut également être en partie fixé sur un ou deux longerons montés à leurs extrémités sur les deux brides de fixation 21 et 22.

Chaque boîtier d'alimentation et de régulation électronique 34 permet d'alimenter une platine de propulsion 31 en courants électriques capables de générer des champs électriques suffisamment forts pour assurer le fonctionnement de la platine de propulsion 31. A la manière du dispositif de régulation de pression 33, chaque boîtier d'alimentation et de régulation électronique 34 peut être fixé en partie sur la bride de fixation inférieure 22 et sur des longerons reliant les deux brides de fixation 21 et 22, de préférence à proximité de la platine de propulsion 31 qu'il alimente.

Le module 1 comprend en outre un propulseur à gaz 50 comprenant un réservoir de gaz 51, une première tuyère 52a et une deuxième tuyère 52b dirigée dans la même direction et dans le sens opposé de la première tuyère 52a. Ce propulseur à gaz 50 est fixé sur la bride de fixation inférieure 22 de manière à ce que les deux tuyères 52a, 52b soient disposées tangentiellement par rapport à l'axe A : ce propulseur est ainsi capable d'agir sur la composante de roulis de la trajectoire du module 1.

Dans cet exemple de réalisation, le propulseur à gaz est fixé sur la bride de fixation inférieure 22 par l'intermédiaire de l'attache 31a d'une des platines de propulsion électrique 31 ; il pourrait toutefois être muni d'une attache distincte.

5 Dans cet exemple de réalisation, le propulseur à gaz 50 utilise du gaz issu de son propre réservoir 51, de l'azote notamment, ou des gaz chauds issus de la combustion d'un bloc de propergol solide ; toutefois, dans d'autres exemples de réalisation, le propulseur à gaz 50 peut être alimenté en gaz provenant des réservoirs de fluide propulsif 32. Dans un  
10 tel cas, le dispositif de régulation de pression 33, outre sa fonction principale décrite ci-dessus, peut en outre réduire la pression du fluide propulsif à une pression adaptée pour le propulseur à gaz 50.

De plus, outre leurs fonctions déjà décrites, les brides de fixation supérieure 21 et inférieure 22 sont également configurées pour présenter  
15 des interfaces mécaniques supérieure 61 et inférieure 62 conformes aux normes et standards en usage dans le domaine aérospatial afin de permettre la fixation du module 1 à un engin spatial par l'intermédiaire de son interface mécanique supérieure 61 d'une part et à un lanceur par l'intermédiaire de son interface mécanique inférieure 62 d'autre part.

20 En particulier, dans cet exemple de réalisation, les diamètres des interfaces mécaniques supérieure et inférieure 61, 62 sont identiques de telle sorte que le module 1 peut s'insérer entre un engin spatial et un lanceur sans nécessiter un adaptateur particulier supplémentaire.

Les FIG 2A et 2B représentent un deuxième exemple de réalisation  
25 d'un module propulsif 100. Celui comporte un propulseur chimique à propergol solide 110 autour duquel est montée une structure de châssis 120 sur laquelle sont fixés un certain nombre d'organes constitutifs du propulseur électrique 130 ou de fonctions auxiliaires.

30 Le propulseur chimique à propergol solide 110, également appelé propulseur solide, est globalement identique au propulseur 10 du premier exemple de réalisation et ne sera donc pas décrit de nouveau en détail.

Afin de limiter le nombre de fixations pratiquées dans le corps principal 111, réalisé de préférence en matériau composite, et éviter ainsi au maximum d'endommager ce dernier, le corps principal 111 est muni de  
35 la structure de châssis 120.

Cette structure de châssis 120, de préférence en aluminium et composite polymère renforcé de fibres de carbone (CFRP), peut être montée autour du corps principal 111 par tout moyen de fixation connu, par pontage ou vissage par exemple.

5 Cette structure de châssis 120, comportant une portion supérieure de support 121 de forme tronconique s'évasant vers l'arrière du module 100, permet la fixation du propulseur électrique 130 sur le propulseur solide 110. Ce propulseur électrique 130 comprend globalement les mêmes organes que le propulseur électrique 30 du premier exemple de  
10 réalisation : une pluralité de platines de propulsion électrique 131, une pluralité de réservoirs de fluide propulsif 132 alimentant les platines de propulsion 131, un dispositif de régulation de pression 133, ainsi qu'un boîtier d'alimentation et de régulation électronique (PPU) 134, pour chaque platine de propulsion 131.

15 Chaque platine 131 est montée sur la face intérieure 121a de la portion de support 121 de la structure de châssis 120 par l'intermédiaire d'une attache 131a de manière à ce qu'elle soit dirigée vers l'arrière du module 1. Elles sont ici encore de préférence au nombre de trois réparties à 120° chacune autour de l'axe A.

20 Chaque réservoir de fluide propulsif 132 est fixé sur la face extérieure 121b de la portion de support 121 par l'intermédiaire d'une première attache 132a et d'une deuxième attache 132b prévues respectivement au niveau d'une première extrémité et d'une deuxième extrémité du réservoir 132. Dans cet exemple de réalisation, les réservoirs  
25 132 sont disposés dans un plan sensiblement orthogonal à l'axe A et à 90° chacun autour de l'axe A.

Le dispositif de régulation 133 est ici prévu en un seul exemplaire fixé sur la face extérieure 121b de la portion de support 121.

30 Chaque boîtier d'alimentation et de régulation électronique 134 est également fixé sur la face extérieure 121b de la portion de support 121, de préférence à proximité de la platine de propulsion 131 qu'il alimente.

Le module 100 comprend en outre deux propulseurs à gaz 150, globalement identiques au propulseur à gaz 50 du premier exemple de réalisation, qui comprennent un réservoir de gaz 151, une première tuyère  
35 152a et une deuxième tuyère 152b dirigée dans la même direction et dans le sens opposé de la première tuyère 152a. Chaque propulseur à gaz 150

est fixé sur la face extérieure 121b de la portion de support 121 de manière à ce que les deux tuyères 152a, 152b soient disposées tangentiellement par rapport à l'axe A. En outre, chaque propulseur à gaz 150 est disposé à l'extrémité inférieure de la portion de support 121 afin qu'il bénéficie d'une distance à l'axe A importante et donc d'un bras de levier important pour agir sur la composante de roulis de la trajectoire du module.

De plus, outre ses fonctions déjà décrites, la structure de châssis 120 est également configurée pour présenter des interfaces mécaniques supérieure 161 et inférieure 162 conformes aux normes et standards en usage dans le domaine aérospatial afin de permettre la fixation du module 100 à un engin spatial par l'intermédiaire de son interface mécanique supérieure 161 d'une part et à un lanceur par l'intermédiaire de son interface mécanique inférieure 162 d'autre part. Ainsi, l'extrémité supérieure de la structure de châssis 120 est configurée pour former l'interface mécanique supérieure 161 tandis que la structure de châssis 120 comporte, dans le prolongement et à l'arrière de sa portion supérieure de support 121, une portion inférieure d'adaptation 125, de forme sensiblement tronconique (dont l'angle peut néanmoins différer de celui de la portion de support 121), dont l'extrémité inférieure est configurée pour former l'interface mécanique inférieure 162.

Grâce à cette portion d'adaptation 125, il est possible de régler le diamètre de l'interface mécanique inférieure 162 de manière à ce qu'il corresponde au diamètre standard de l'interface lanceur : dès lors, le diamètre de l'interface mécanique supérieure 161 étant adaptée à l'interface de l'engin spatial, le module 100 peut se substituer à l'adaptateur de transition de diamètre habituellement nécessaire entre les interfaces d'un lanceur et d'un engin spatial tel un satellite.

Les modes ou exemples de réalisation décrits dans le présent exposé sont donnés à titre illustratif et non limitatif, une personne du métier pouvant facilement, au vu de cet exposé, modifier ces modes ou exemples de réalisation, ou en envisager d'autres, tout en restant dans la portée de l'invention.

De plus, les différentes caractéristiques de ces modes ou exemples de réalisation peuvent être utilisées seules ou être combinées entre elles. Lorsqu'elles sont combinées, ces caractéristiques peuvent l'être comme

décrit ci-dessus ou différemment, l'invention ne se limitant pas aux combinaisons spécifiques décrites dans le présent exposé. En particulier, sauf précision contraire, une caractéristique décrite en relation avec un mode ou exemple de réalisation peut être appliquée de manière analogue

5 à un autre mode ou exemple de réalisation.

REVENDEICATIONS

- 5           1.    Module de propulsion spatiale,  
            caractérisé en ce qu'il comprend un propulseur chimique à propergol  
            solide (10), possédant un corps principal (11), et au moins un propulseur  
            électrique (30), et  
            en ce que ledit au moins un propulseur électrique (30) est monté sur  
10    ledit corps principal (11) du propulseur chimique à propergol solide (10).
2.    Module selon la revendication 1, caractérisé en ce que le corps  
            principal (11) du propulseur chimique à propergol solide (10) est réalisé  
            en matériau composite.
- 15           3.    Module selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le  
            propulseur électrique (30) est monté sur le corps principal (11) du  
            propulseur chimique à propergol solide (10) par l'intermédiaire d'une  
            structure de fixation comprenant une bride supérieure (21), pourvue au  
20    niveau de l'extrémité supérieure du corps principal (11) du propulseur  
            chimique à propergol solide (10), et une bride inférieure (22) pourvue au  
            niveau de l'extrémité inférieure du corps principal (11) du propulseur  
            chimique à propergol solide (10).
- 25           4.    Module selon la revendication 3, caractérisé en ce que la bride  
            supérieure (21) est une bride annulaire montée sur une jupe supérieure  
            (11s) du corps principal (11) du propulseur chimique à propergol solide  
            (10) et en ce que la bride inférieure (22) est une bride cylindrique montée  
            sur une jupe inférieure (11i) du corps principal (11).
- 30           5.    Module selon la revendication 3 ou 4, caractérisé en ce que le  
            propulseur électrique (30) comprend un organe de propulsion électrique  
            (31) et un réservoir de fluide propulsif (32),  
            en ce que l'organe de propulsion électrique (31) est fixé sur la bride  
35    inférieure (22) et orienté de préférence vers l'arrière du module (1), et

en ce que le réservoir de fluide propulsif (32) est fixé entre les brides inférieure (22) et supérieure (21).

5 6. Module selon l'une quelconque des revendications 3 à 5, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un système de commande d'orientation sur au moins un axe comprenant au moins un propulseur à gaz (50), et

en ce que ledit propulseur à gaz (50) est fixé sur la bride inférieure (22) et orienté tangentiellement à ladite bride inférieure (22).

10

7. Module selon l'une quelconque des revendications 3 à 6, caractérisé en ce que la bride supérieure (21) est munie d'une interface mécanique supérieure (61) apte à être connectée à un engin spatial tel un satellite, et

15 en ce que la bride inférieure (22) est munie d'une interface mécanique inférieure (62) apte à être connectée à un lanceur spatial.

20 8. Module selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le propulseur électrique (130) est monté sur le corps principal (111) du propulseur chimique à propergol solide (110) par l'intermédiaire d'une structure de châssis (120) tronconique ou cylindrique fixée autour du propulseur chimique à propergol solide (110).

25 9. Module selon la revendication 8, caractérisé en ce que le propulseur électrique (130) comprend un organe de propulsion électrique (131) et un réservoir de fluide propulsif (132),

en ce que l'organe de propulsion électrique (131) est fixé sur la paroi intérieure (121a) de la structure de châssis (120) et orienté de préférence vers l'arrière du module, et

30 en ce que le réservoir de fluide propulsif (132) est fixé sur la paroi extérieure (121b) de la structure de châssis (120).

35 10. Module selon la revendication 8 ou 9, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un système de commande d'orientation sur au moins un axe comprenant au moins un propulseur à gaz (150), et

en ce que ledit propulseur à gaz (150) est fixé sur la paroi extérieure (121b) de la structure de châssis (120) et orienté tangentiellement par rapport à la direction principale (A) du module (100).

- 5            11. Module selon l'une quelconque des revendications 8 à 10, caractérisé en ce que la structure de châssis (120) comprend une portion supérieure de support (121) munie à son extrémité supérieure d'une interface mécanique supérieure (161) apte à être connectée à un engin spatial tel un satellite, et
- 10            une portion inférieure tronconique d'adaptation (125), s'évasant depuis la portion supérieure (121), munie à son extrémité inférieure d'une interface mécanique inférieure (162) apte à être connectée à un lanceur spatial.

1/2

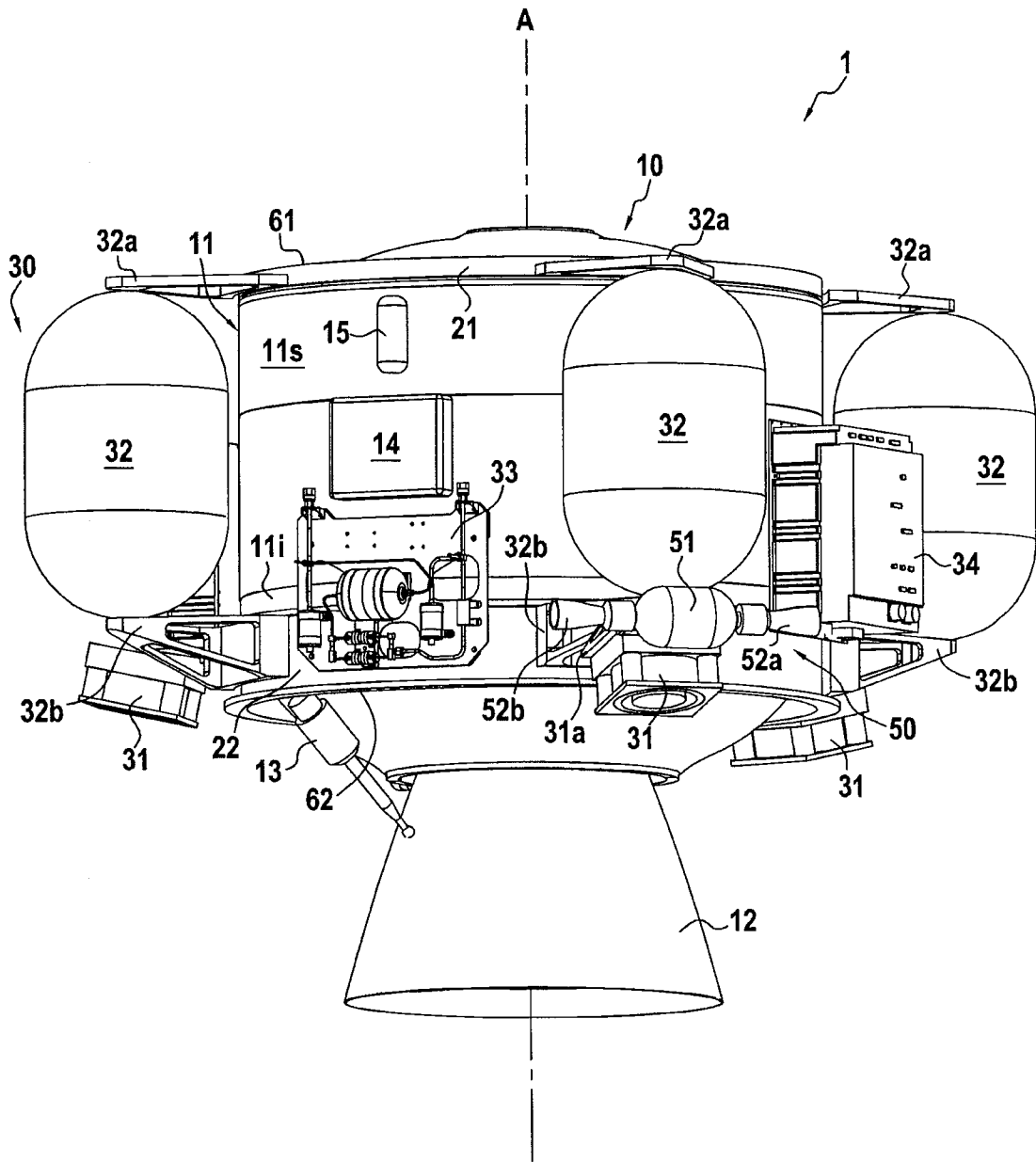


FIG.1

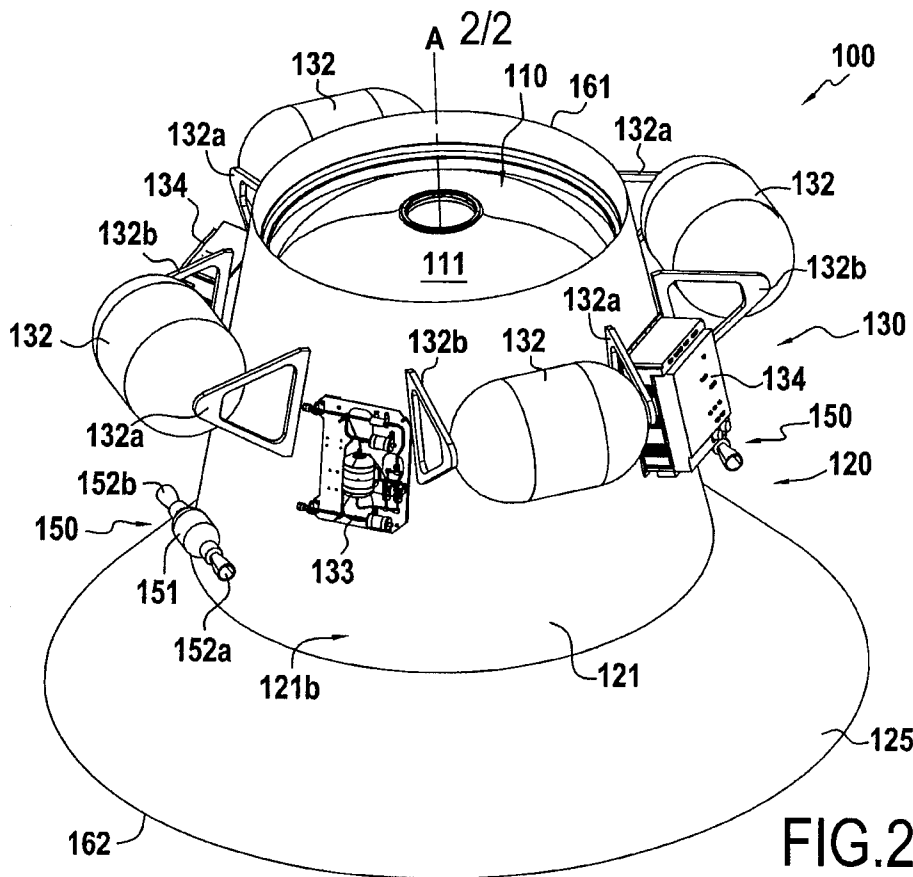


FIG.2A

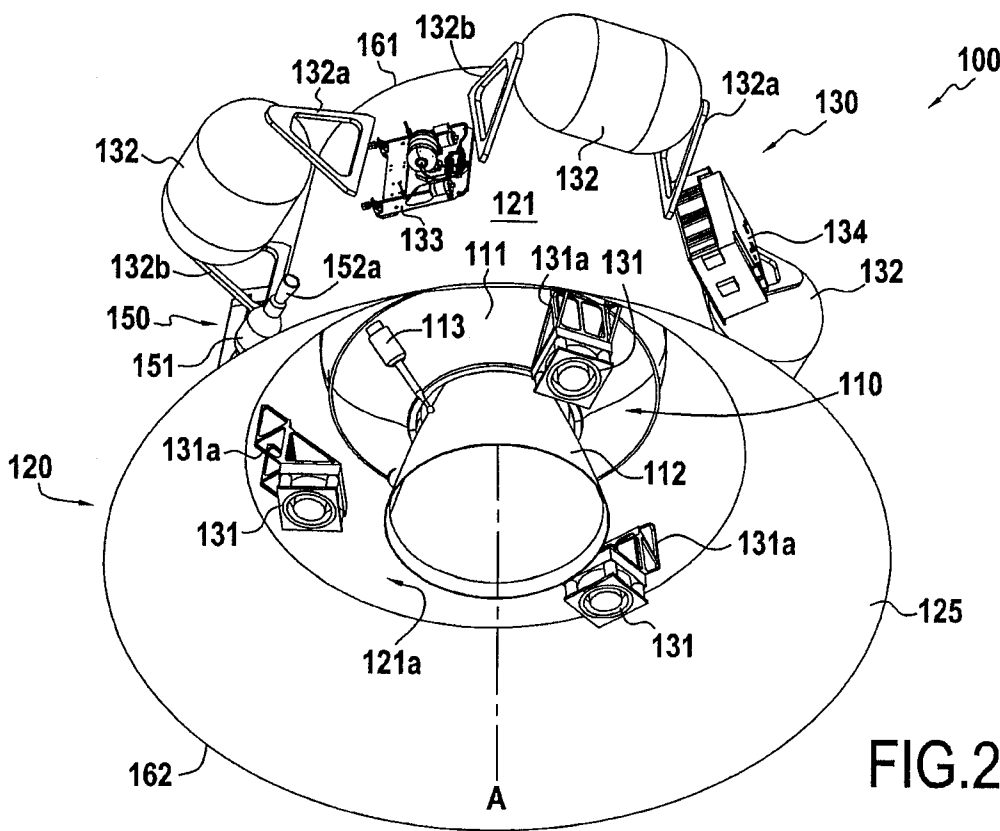


FIG.2B