

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 789 274**

51 Int. Cl.:

B64G 1/32 (2006.01)

B64G 1/38 (2006.01)

B64G 1/64 (2006.01)

B64G 1/66 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.11.2017 PCT/EP2017/078848**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.05.2018 WO18087273**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.11.2017 E 17800803 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.03.2020 EP 3538441**

54 Título: **Proyectil destinado a la amortiguación de un vehículo espacial y un vehículo espacial de lanzamiento correspondiente**

30 Prioridad:

10.11.2016 FR 1660918

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

26.10.2020

73 Titular/es:

**AIRBUS DEFENCE AND SPACE SAS (100.0%)
31 rue des Cosmonautes, ZI du Palays
31402 Toulouse Cedex 4, FR**

72 Inventor/es:

**TOURNEUR, CYRIL y
LAGADEC, KRISTEN**

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 789 274 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Proyectil destinado a la amortiguación de un vehículo espacial y un vehículo espacial de lanzamiento correspondiente

Campo técnico

5 La presente invención pertenece al campo del control de posición de vehículos espaciales, tales como un satélite, y se refiere más en particular a un vehículo espacial que comprende medios de control activo de posición y medios de control pasivo de posición. La invención encuentra una aplicación particularmente ventajosa y en ningún caso limitativa, en el caso de satélites de órbita baja.

Estado de la técnica

10 El sistema de control de posición y de órbita de un vehículo espacial es indispensable para el buen desarrollo de una misión, sea cual sea el tipo de vehículo espacial contemplado (satélite, plataforma espacial, lanzador, sonda interplanetaria, etc.).

15 Por "control de posición", se hace referencia en este caso al control de orientación del vehículo espacial, es decir, de una manera general, del movimiento de dicho vehículo espacial alrededor de su centro de masa (además denominado Centro de inercia).

Hasta la fecha, cuando el vehículo espacial está en funcionamiento siguiendo una órbita operacional, existen diferentes medios para controlar de manera activa su posición, estos últimos que utilizan electrónica, informática así como sensores y accionadores que consumen energía, y con una vida útil limitada. Por ejemplo, en el caso de un satélite estabilizado en posición según 3 ejes, se conocen medios de control activo de posición tales como:

- 20 - accionadores inerciales que no modifican el momento cinético total del satélite, como por ejemplo ruedas de reacción o accionadores giroscópicos,
- accionadores que modifican el momento cinético total del satélite, como por ejemplo propulsores o accionadores de torque magnéticos.

25 Cuando los medios de control activo de posición no funcionan más, ya que están averiados o porque las fuentes de energía que los alimentan están agotadas o averiadas, dicho vehículo es por tanto considerado como un desecho espacial. Se conoce que dicho desecho está generalmente animado de un movimiento de rotación alrededor de su centro de masa, algunas veces con una velocidad de rotación elevada, por ejemplo de varios grados por segundo. Las causas de dicha velocidad de rotación pueden ser múltiples; momento interno almacenado, defecto de propulsión, pares externos debidos a la presión de radiación solar, etc. De manera conocida para el experto en la técnica, estos desechos tienen una posición cualquiera y variable, y están típicamente animados de un movimiento de Poinsot.

30

La presencia en el espacio de dichos desechos espaciales es problemática ya que constituye una contaminación del espacio en la medida en que estos últimos siguen trayectorias que pueden cruzar las ocupadas por vehículos espaciales funcionales, lo que crea riesgos de colisión. Además, las colisiones de desechos entre sí aumentan el número total de desechos, lo que acentúa incluso más el riesgo de colisión para los vehículos funcionales.

35

Dichos desechos espaciales pueden también cruzar las órbitas de otros satélites funcionales, lo que crea riesgos de colisión.

También, con el fin de capturar y desorbitar a dicho desecho espacial, se conoce otros vehículos espaciales adaptados para realizar maniobras tales como amarrarse al desecho, de manera que forman un compuesto, como por ejemplo satélites desorbitadores tales como los descritos en las solicitudes EP 2746163 y EP 2671804. Se comprende sin embargo que la velocidad de rotación del desecho sigue siendo un factor que limita el éxito de dicha misión de captura/desorbitado. De hecho, cuanto más elevada es la velocidad de rotación, más difíciles de asegurar son dichas maniobras, en particular la captura. Además, incluso en el caso de una captura realizada con éxito, las siguientes operaciones para el control y el desorbitado del compuesto es incompatible con una gran velocidad de rotación, en especial cuando el desecho está conectado al satélite desorbitador por enlaces flexibles, como por ejemplo un arpón. La ralentización de la velocidad de rotación del desecho por tanto es buscada para el éxito de la desorbitación.

40

45

La solicitud de patente EP 3029410 divulga un dispositivo de lanzamiento de un proyectil por fluido comprimido, que incluye una lama que tiene un extremo fijado al proyectil, adecuada para pasar de una configuración enrollada alrededor de un eje Z alrededor de un soporte fijo en un cañón del dispositivo, a una configuración desplegada según un eje X sensiblemente perpendicular al eje Z. Este dispositivo está previsto para enganchar un desecho, con el fin de sacarlo fuera de una zona de riesgo.

50

Como se indicó anteriormente, la velocidad de rotación de dicho desecho es sin embargo perjudicial para este tipo de maniobras.

Medios de control activo y pasivo de la posición son por otro lado descritos en los documentos GB 2241480 A, GB 2241481 A y US 3399317 A. Las soluciones expuestas se basan sin embargo en una implementación anticipada e integrada de manera apropiada en los vehículos espaciales cuya posición debe ser estabilizada.

Descripción de la invención

5 La presente invención tiene por objetivo remediar todos o parte de los inconvenientes de la técnica anterior, en especial, los expuestos anteriormente, proponiendo una solución que permite tener un vehículo espacial que comprende medios de control activo de posición, así como medios de control pasivo de posición adaptados para ralentizar la rotación de dicho vehículo espacial cuando sus medios de control activos están fallando definitivamente.

10 A este efecto, la invención se refiere a un proyectil destinado a la amortiguación de un vehículo espacial, conforme a la reivindicación 1. En un modo particular de realización, el proyectil es conforme a la reivindicación 2.

La invención tiene igualmente por objeto un vehículo espacial de lanzamiento que comprende al menos un proyectil según la presente invención.

Presentación de las figuras

15 Las características y ventajas de la invención se apreciarán mejor gracias a la descripción siguiente, descripción que expone las características de la invención a través de modos de realización preferidos, que en ningún caso son limitativos.

La descripción se apoya en las figuras adjuntas que representan:

- La figura 1: una representación esquemática de un ejemplo de realización de un vehículo espacial que comprende medios de control activo de posición y medios de control pasivo de posición.
- 20 - La figura 2: una representación esquemática de un modo particular de realización de medios de control pasivo de la figura 1, en el cual dichos medios de control pasivo comprenden al menos un amortiguador pasivo que comprende un cuerpo interno móvil en rotación alrededor de ejes de rotación cualquiera.
- Las figuras 3 y 4: representaciones esquemáticas de variantes de realización de dicho al menos un amortiguador pasivo de la figura 2, en las cuales dicho cuerpo interno es móvil en rotación alrededor de un solo eje de rotación.
- 25 - La figura 5: una representación esquemática de una variante preferida de realización del vehículo espacial de la figura 1, en el cual dicho vehículo espacial comprende tres amortiguadores pasivos tal como los ilustrados por la figura 3.

En estas figuras, las referencias idénticas de una figura a otra designan elementos idénticos o análogos. Por razones de claridad, los elementos representados no están a escala, salvo mención en contrario.

30 Descripción detallada de modos de realización de la invención

La invención encuentra su lugar en el campo del control pasivo de posición de un vehículo espacial en rotación sobre sí mismo.

La figura 1 representa, esquemáticamente, un ejemplo de realización de un vehículo 100 espacial que comprende el sistema de control de posición.

35 Por "control de posición", se hace referencia en este caso al control de la orientación del vehículo 100 espacial, es decir, de una manera general, del movimiento de dicho vehículo 100 espacial alrededor de su centro de masa (además denominado centro de inercia). Esta orientación puede, más particularmente, corresponder a la dirección de un eje predeterminado definido en una referencia asociada a la geometría de dicho vehículo 100 espacial. Además, y de forma más específica, se califica de "activo" (respectivamente "pasivo") un control de posición cuya
40 implementación consume al menos una (respectivamente no consume) fuente de energía eléctrica o química embarcada en el vehículo 100 espacial.

Por otro lado, dicho vehículo 100 espacial comprende medios de control de órbita no representados en la figura 1. Por "control de órbita", se entiende en este caso el control del movimiento del centro de masa de dicho vehículo 100 en referencia inercial. Por ejemplo, dichos medios de control de órbita son propulsores químicos y/o eléctricos.

45 El resto de la descripción tiene por objetivo más específicamente, pero de manera no limitativa, el caso en el que el vehículo espacial sea un satélite 100, destinado a estar en rotación sobre sí mismo en el espacio según una órbita de manera que el campo magnético que reina sobre esta órbita permite el funcionamiento de la invención. Con preferencia, el satélite 100 ha sido colocado inicialmente en órbita baja, conocida por el experto en la técnica bajo la expresión "LEO" (acrónimo de la expresión inglesa "*Low Earth Orbit*"), por medio de un lanzador, y está realmente
50 en configuración muerta siguiendo una órbita final. Por "órbita baja", se hace referencia en este caso a una órbita típicamente inferior a 3000 km, incluso inferior a 1500 km, el campo magnético terrestre que reina sobre este tipo de

- 5 órbita siendo del orden de 30 μ T a 1000 km. Por “configuración de muerte”, se entiende en este caso un satélite con la incapacidad de perseguir la misión que se supone que ha de cumplir, por ejemplo debido a una avería del sistema de control de posición, por lo tanto se considera como un desecho espacial. Por otro lado, la inclinación de la órbita del satélite 100 es suficiente para que el campo magnético terrestre tenga una orientación variable en referencia orbital local. Por ejemplo, el satélite 100 sigue ventajosamente una órbita polar o heliosíncrona.
- Sin embargo nada excluye, según otros ejemplos detallados en este caso, considerar otros tipos de vehículos espaciales (plataforma espacial, lanzador, sonda interplanetaria, etc.). La invención es por tanto aplicable de manera más general a cualquier vehículo espacial en órbita baja y del cual se desea controlar de manera pasiva la rotación alrededor del mismo cuando está en configuración muerta.
- 10 El satélite 100 comprende un cuerpo 110 principal. En la práctica, dicho cuerpo 110 Principal engloba un cierto número de equipos usuales, no representados en la figura 1, tales como motores, sensores, electrónica diversa, etc. Además, el cuerpo 110 principal del satélite 100 puede también estar asociado a otros elementos de manera que forman el satélite 100 completo, dichos otros elementos no son representados en la figura 1 ya que están fuera, como tales, del alcance de la invención. Por ejemplo, dichos otros elementos son paneles solares dispuestos a
- 15 ambos lados del cuerpo 110 principal, solidarios al cuerpo 110 principal.
- En el ejemplo no limitativo ilustrado por la figura 1, el cuerpo 110 principal del satélite 100 es de forma sensiblemente cúbica. Nada excluye, sin embargo, tener otras formas para el cuerpo 110 principal, como por ejemplo cilíndrica, esférica, paralelepípedica rectangular, etc.
- 20 Dicho cuerpo 110 principal comprende una superficie 111 externa, cerrada y destinada a estar expuesta al vacío, así como una superficie 112 interna cerrada y opuesta a dicha superficie 111 externa.
- El satélite 100 comprende el sistema de control de posición que comprende, por un lado, medios 150 de control activo de posición. Dichos medios de control activo de posición están adaptados para estabilizar la posición de dicho satélite 100 según tres ejes generando un par de control activo de valor máximo C_a .
- 25 Preferiblemente, dichos medios 150 de control activo de posición comprenden accionadores tales como volantes de inercia (ruedas de reacción, accionadores giroscópicos) o acopladores magnéticos. Por ejemplo, y tal como se ilustra por la figura 1 a título en ningún caso limitativo, dichos medios de control activo de posición comprenden tres ruedas 150 de reacción que generan tres pares de control activo auxiliares, siendo las direcciones respectivas de estos pares auxiliares linealmente independientes de manera que su resultante forma dicho par de control activo.
- 30 Por otro lado, el sistema de control de posición comprende medios 200 de control pasivo de posición. Dichos medios 200 de control pasivo de posición están adaptados para generar en cooperación con el campo magnético terrestre un par de amortiguación de manera que ralentizan la rotación del satélite 100 alrededor de sí mismo.
- Dichos medios 200 de control pasivo generan un par de amortiguación de valor máximo C_p de manera que la relación C_p/C_a es sensiblemente superior a 10, preferiblemente sensiblemente superior a 100. Dicha relación de pares C_p/C_a es ventajosa ya que permite, cuando el satélite 100 está en misión, hacer despreciable cualquier
- 35 impacto debido al funcionamiento de los medios 200 de control pasivo de posición respecto al funcionamiento de los medios 150 de control activo de posición. De hecho, cuando no se consume energía, se comprende que dichos medios 200 de control pasivo generan un par de amortiguación tanto en misión como en configuración muerta. También, por “despreciable”, se entiende en particular un impacto suficientemente débil para que no se necesite la utilización de los medios 200 de control pasivo, para la buena ejecución de la misión del satélite 100, el empleo de
- 40 medios 150 de control activo sobredimensionados (en especial en términos de peso, de volumen ocupado y de costes) con respecto a una configuración estándar que no comprende medios 200 de control pasivo.
- Además, el satélite 100 está sometido en su órbita, de manera conocida por el experto en la técnica, a pares perturbadores externos, como por ejemplo un arrastre atmosférico, una presión de radiación solar, un gradiente de gravedad, etc. También, en un modo particular de realización de la invención, los medios 200 de control pasivo
- 45 están configurados para generar un par de control pasivo de valor máximo C_p inferior a un factor sensiblemente igual a 10, preferiblemente sensiblemente igual a 100, a dichos pares perturbadores externos. En la medida en que los medios de control activo están dimensionados para corregir la posición del satélite 100 frente a estos pares perturbadores externos, se comprende que el impacto de los medios de control pasivo sobre los medios de control activo permanece despreciable en dicha configuración.
- 50 Se comprende sin embargo que los dispositivos descritos anteriormente y relativos a la relación entre el par máximo de los medios 200 de control pasivo y o bien el par máximo de los medios 150 de control activo, o bien los pares perturbadores externos, constituyen características adicionales. También, un objetivo contemplado, es decir disponer de un satélite 100 que comprende medios de control 150 activo de posición, así como medios de control
- 55 200 pasivo de posición adaptados para ralentizar la rotación de dicho vehículo 100 espacial, puede alcanzarse sin que sea necesario tener que recurrir a estas características adicionales.
- Conviene señalar que los medios 200 de control pasivo tal como se describieron anteriormente en forma de un amortiguador pasivo pueden ser lanzados hacia el satélite 100 por medio de otro vehículo espacial, por ejemplo

5 cuando el sistema de control de posición de dicho satélite 100 está averiado. En este caso, un vehículo espacial denominado “vehículo espacial de lanzamiento”, y tal como se describe en la solicitud EP 2746163 podría aproximarse al satélite, y lanzar un arpón sobre el cual se monta fijo dicho amortiguador pasivo, de manera que se forme un proyectil destinado a la amortiguación del satélite 100. El arpón será por ejemplo adaptado a partir del arpón descrito en la solicitud EP 2671804, para transportar el amortiguador pasivo. Por “montado fijo”, se hace referencia en este caso al hecho de que el amortiguador 200 pasivo coopera de manera fija con el arpón, de manera que son solidarios, siendo contemplarle dicha cooperación a nivel de cualquier zona del árbol. Por ejemplo, el amortiguador pasivo está montado fijo a uno de los extremos de dicho arpón, o bien incluso entre los extremos de dicho arpón a nivel de su superficie externa. Una vez proyectado, dicho arpón provisto del amortiguador 200 pasivo no conserva enlaces físicos con el vehículo espacial de lanzamiento.

10 Por tanto, cuando el satélite 100 está en configuración muerta, y por tanto susceptible de ser animado de una gran velocidad de rotación, el vehículo espacial de lanzamiento entabla en un primer tiempo una fase de aproximación de satélite 100. Cuando la distancia que le separa del satélite 100 corresponde a una distancia predeterminada, por ejemplo calculada con anterioridad por medio de simulaciones digitales, el vehículo espacial de lanzamiento adopta una posición conveniente de manera que el proyectil apunta en dirección del satélite 100. A continuación, el proyectil es tirado en dirección del satélite 100 de manera que le alcanza y por tanto fija el arpón, por uno de sus extremos, al cuerpo 110 del satélite 100. El satélite 100, que no está conectado mecánicamente al vehículo de lanzamiento, incluso sigue su rotación muerta gracias al amortiguador 200 pasivo antes de ser capturado para ser extraído de su trayectoria. La captura del satélite 100 es por ejemplo ejecutada por dicho vehículo espacial de lanzamiento, pero nada excluye contemplar otros medios de captura conocidos.

15 Aparecerá claramente para el experto en la técnica que una variante posible de concepción del vehículo espacial de lanzamiento consiste en contemplar este último, comprendiendo no sólo un único proyectil, como se describe más adelante, sino una pluralidad de proyectiles, por ejemplo tres, estando destinados estos proyectiles a alcanzar el satélite 100 en diferentes lugares de su cuerpo 110. A este efecto, es preferible que los proyectiles alcancen el satélite 100 de manera que estén separados entre sí una distancia mínima predeterminada, ello con el fin de minimizar las perturbaciones magnéticas eventuales entre los cuerpos 220 internos respectivos de los amortiguadores 200 pasivos. El experto en la técnica sabe determinar dicha distancia, la disminución espacial del campo electromagnético generado por un cuerpo 220 interno según una ley conocida.

20 La figura 2 representa esquemáticamente un modo particular de realización de los medios 200 de control pasivo de la figura 1, en el cual dichos medios 200 de control pasivo comprende al menos un amortiguador 200 pasivo, del cual la figura 2 corresponde a una vista en sección.

25 En el ejemplo no limitativo ilustrado por la figura 2, dicho amortiguador 200 pasivo comprende un recinto 210 externo y un cuerpo 220 interno.

30 Tal y como se ilustra por la figura 2, el cuerpo 220 interno está situado en el interior de dicho recinto 210 externo. Además, el recinto 210 externo comprende una superficie 211 interna, cerrada, y el cuerpo 220 interno comprende una superficie 221 externa, cerrada, así como opuesta y alejada de la superficie 211 interna del recinto 210 externo. Las superficies 211 interna y 221 externa respectivamente del recinto 210 externo y del cuerpo 220 interno están separadas por medio de un fluido 230 viscoso.

35 En un modo preferido de realización, ilustrado a título en ningún caso limitativo por la figura 2, el amortiguador 200 pasivo está desprovisto de medios de mantenimiento de una separación entre el recinto 210 externo y el cuerpo 220 interno. Dicha configuración es ventajosa ya que simplifica la realización del amortiguador 200 pasivo, y permite al cuerpo 220 interno desplazarse libremente en el volumen delimitado por la superficie 211 interna del recinto 210 externo. Por “libremente”, se entiende en este caso que la superficie 221 externa del cuerpo 220 interno es susceptible de estar en contacto con la superficie 211 interna del recinto 210 externo.

40 Nada excluye sin embargo, según otros ejemplos no detallados, que el amortiguador 200 pasivo comprenda medios de mantenimiento de una separación entre el recinto 210 externo y el cuerpo 220 interno. Por ejemplo, dichos medios de mantenimiento comprenden rodamientos de bola, repartidos uniformemente alrededor del cuerpo 220 interno en el espacio ocupado por el fluido viscoso.

45 Por otro lado, el recinto 210 externo del amortiguador 200 pasivo es solidario en rotación con el cuerpo 110 principal del satélite 100. Por ejemplo, el recinto 210 externo comprende una superficie 212 externa, cerrada y opuesta a la superficie 211 interna del recinto 210 externo, estando mantenida dicha superficie 212 externa fija por pegado, soldadura, o cualquier otro medio, con el cuerpo 110 principal.

50 Tal y como se ilustra por la figura 1, dicho al menos un amortiguador 200 pasivo está situado sobre la superficie 112 interna del cuerpo 110 principal.

55 Dicho al menos un amortiguador 200 pasivo está situado sobre la superficie 111 externa del cuerpo 110 principal.

El amortiguador 200 pasivo está, igualmente, configurado de manera que el cuerpo 220 interno es móvil en rotación en el interior del recinto 210 externo alrededor de al menos un eje de rotación.

Dicho cuerpo 220 externo es móvil en rotación en el interior del recinto 210 externo alrededor de ejes de rotación cualquiera. De esta manera, la libertad de movimiento del cuerpo 220 interno en el interior del recinto 210 externo es virtualmente total ya que esta movilidad en rotación del cuerpo 220 interno se añade al hecho de que ningún dispositivo mecánico se opone al movimiento de dicho cuerpo 220 interno hasta el contacto con el recinto 210 externo.

Por ejemplo, y tal como se ilustra por la figura 2, a título en ningún caso limitativo, la superficie 211 interna del recinto 210 externo y la superficie 221 externa del cuerpo 220 interno son, preferiblemente, cada una, de forma esférica. Dicha configuración se adapta ventajosamente a una movilidad en rotación alrededor de ejes cualquiera. En el caso en el que dichas superficies 211 interna y 221 externa entren en contacto, dicho contacto es limitado, en cualquier instante, a una zona de restricción de dichas superficies de manera que se minimizan los riesgos de fijación debidos a las fuerzas de Van der Waals entre estas dos superficies. En lo que se refiere a estos riesgos de fijación, la elección de material es igualmente importante como se explica más adelante. Sin embargo, nada excluye que la superficie 211 interna del recinto 210 externo y la superficie 221 externa del cuerpo 220 interno tenga otras formas, por ejemplo respectivamente cilíndricas como se describe posteriormente en una variante de realización. Además, nada excluye tampoco que el satélite 100 comprenda una pluralidad de amortiguadores 200 pasivos, respectivamente móviles en rotación en el interior del recinto 210 externo alrededor de ejes de rotación cualquiera.

El amortiguador 200 pasivo está, igualmente, configurado de manera que dicho cuerpo 220 interno está imantado de manera permanente. Por tanto, cuando el satélite 100 está en misión alrededor de la Tierra, el cuerpo 220 interno sufre un par magnético debido a su interacción con el campo magnético terrestre de manera que se alinea el momento magnético del cuerpo 220 interno con el campo magnético terrestre. Esta interacción es independiente del estado de funcionamiento del satélite 100, y subsiste cuando éste último está en configuración muerta.

De forma más particular, el par magnético sufrido por el cuerpo 220 interno es función de las intensidades respectivas del campo magnético terrestre y del momento magnético del cuerpo 220 interno. Por tanto, en la presente realización, el satélite 100 está en órbita de manera que el campo magnético terrestre tenga una intensidad suficiente y el cuerpo 220 interno tenga dimensiones del orden de varios centímetros. Por ejemplo, la superficie 221 externa del cuerpo 220 interno es una esfera de radio sensiblemente igual a 5 cm.

Ilustrado a título en ningún caso limitativo por la figura 2, el cuerpo 220 interno comprende un recinto 222 interno que comprende un imán 223 permanente solidario en rotación con dicho recinto 222 interno. Por ejemplo, dicho recinto 222 interno comprende una superficie 224 interna de forma esférica, cerrada y opuesta a la superficie 221 externa de dicho recinto 222 interno, y que delimita un volumen interno. Dicho imán 223 permanente tiene un momento magnético típicamente comprendido en un intervalo $[0,1 \text{ A.m}^2, 1,5 \text{ A.m}^2]$ ("A.m²" designa en este caso amperios multiplicados por metros cuadrados), es de forma sensiblemente cilíndrica, y mantenido fijo por pegado, soldadura, o cualquier otro medio, con dicha superficie 224 interna del recinto 222 interno. Por ejemplo, el imán 223 permanente está realizado de una aleación de neodimio-hierro-boro N52, y se presenta en forma de un cilindro de 8 cm de largo y 3,36 cm de radio. Dicha configuración permite obtener un momento magnético de $1,5 \text{ A.m}^2$.

Por tanto, cuando el satélite 100 está en órbita, dicho imán 223 permanente tiende a alinearse con el campo magnético terrestre de manera que el recinto 222 interno orienta siempre sensiblemente hacia la misma parte su superficie 221 externa hacia la dirección del campo magnético terrestre. Nada excluye sin embargo, según otros ejemplos no detallados, tener otras formas para el imán 223 permanente así como otras formas para la superficie 224 interna del recinto 222 interno.

Dicho recinto 222 interno comprende un sustrato en un volumen no ocupado por el imán 223 permanente. La utilización de un sustrato de densidad reducida, por ejemplo de espuma de poliuretano, es ventajosa para garantizar que la densidad de volumen del cuerpo 220 interno alcanza un valor predeterminado, cuando por ejemplo las dimensiones y los materiales respectivos de dicho recinto 222 interno y dicho imán 223 permanente son prescritos sin posibilidad de modificación durante su fabricación. Por ejemplo, dicha espuma de poliuretano tiene una densidad comprendida en un intervalo $[240 \text{ kg.m}^{-3}, 880 \text{ kg.m}^{-3}]$ ("kg.m⁻³" designa en este caso kilogramos por metro cúbico).

Alternativamente, en una variante, el cuerpo 220 interno es macizo. Por ejemplo, el conjunto del cuerpo 220 interno es un imán permanente de forma esférica.

Conviene señalar que la elección de los materiales que entran en la composición del amortiguador 200 pasivo es importante. A este efecto, estos materiales deben ser elegidos de manera que satisfagan las restricciones de pesos inherentes al dominio espacial, pero también, en el caso de la presente invención, de manera que los que constituyan el recinto 210 externo no sean magnéticos. Además, los materiales del amortiguador 200 pasivo deben satisfacer las exigencias de robustez debido a que el cuerpo 220 interno es susceptible de entrar en contacto con el recinto 210 externo.

Al menos una de las caras 211 interna del recinto 210 externo y la superficie 221 externa del cuerpo 220 interno se realiza por medio de un material no metálico. Dicha configuración es ventajosa ya que permite limitar los riesgos de fijación entre el recinto 210 externo y el cuerpo 220 interno en el caso de una aproximación de estos últimos, por

ejemplo debido a interacciones electrostáticas que tengan por origen fuerzas de Van der Waals ejercidas entre los átomos respectivos de dicha superficie 211 interna y de dicha superficie 221 externa.

5 Con preferencia, la superficie 211 interna del recinto 210 externo se realiza de resina sintética de tipo poliimida. De forma más particular, dicha superficie 211 interna es, ventajosamente, realizada de Vespel® que es un material cualificado para el entorno espacial.

Se comprende además que para limitar los contactos entre el cuerpo 220 interno y el recinto 210 externo, es ventajoso que dicho cuerpo 220 interno permanezca en suspensión y centrado en el fluido 230 viscoso.

10 Las masas de volumen respectivamente del cuerpo 220 interno y del fluido 230 viscoso son sensiblemente iguales para al menos una temperatura de dicho fluido 230 viscoso perteneciente al intervalo [10°C, 30°C] ("°C" designa en este caso grados Celsius). Dicho de otra manera, para esta temperatura, por ejemplo 20°C, la flotabilidad del cuerpo 220 interno es sensiblemente nula.

15 Una ventaja suplementaria proporcionada por una flotabilidad nula del cuerpo 220 interno en dicho intervalo de temperaturas es la de poder realizar ensayos de funcionamiento del amortiguador 200 pasivo cuando éste último está colocado en un campo de gravedad, como por ejemplo de 1 g (o incluso, de manera equivalente, 9,8 m.s⁻²) en la superficie terrestre, lo que es menos restrictivo, en especial desde el punto de vista de la implementación, que ensayos de funcionamiento en microgravedad.

La presión del fluido 230 viscoso es sensiblemente igual a 5 bar para al menos una temperatura comprendida en el intervalo [10°C, 30°C]. Dicha presión positiva en dicho intervalo de temperatura es ventajosa ya que permite evitar cualquier vaporización de dicho fluido 230 viscoso cuando el satélite 100 está:

20 - o bien en funcionamiento sobre una órbita operacional, lo que corresponde a temperaturas de fluido 230 comprendidas en un intervalo [0°C, 50°C],

- o bien sobre una órbita en configuración muerta, lo que corresponde a temperaturas del fluido 230 comprendidas en un intervalo de [-75°C, 0°C], habiendo constatado los inventores que dicha presión permanece sensiblemente positiva e igual a 1 bar para al menos una temperatura comprendida en un intervalo de [-75°C, -65°C].

25 Con preferencia, el fluido 230 viscoso es un aceite de silicona de tipo dimeticona. Más particularmente, dicho fluido 230 viscoso es, ventajosamente, de tipo PSF-5cSt® en el que las variaciones de volumen, viscosidad dinámica y viscosidad cinemática de este fluido 230 en un intervalo [-75°C, 50°C] son conocidas por el experto en la técnica. Nada excluye sin embargo, según otros ejemplos no detallados en este caso, considerar otros fluidos 230 viscosos.

30 Para el resto de la descripción, nos situamos, a título en ningún caso limitativo, en la situación en la que el satélite 100 está en órbita, en rotación alrededor de un eje de rotación cualquiera, y comprende un amortiguador 200 pasivo tal como el ilustrado por la figura 2, siendo el fluido 230 viscoso aceite de silicona de tipo dimeticona. Además, dicho satélite 100 está suficientemente próximo a la Tierra para que el imán 223 interno coopere con el campo magnético terrestre según el mismo principio que una brújula. Por consiguiente, dicho cuerpo 220 interno está sometido a un par magnético igual al producto vectorial del momento magnético del imán 223 interno por la intensidad del campo magnético terrestre.

35 Debido a que es solidario en rotación con el satélite 100, el recinto 210 externo está, por consiguiente, animado de un movimiento de rotación idéntico al del satélite 100, dicho movimiento de rotación se transmite en un primer momento al fluido 230 viscoso en contacto con la superficie 211 interna de dicho recinto 210 externo, y después en un segundo momento al cuerpo 220 interno cuya superficie 221 externa está también en contacto con dicho fluido 230 viscoso.

40 Por tanto, dicho cuerpo 220 interno no se arrastra por el movimiento de rotación del fluido 230 viscoso ya que es, por un lado, retenido gracias al imán 223 permanente que tiende a permanecer alineado con el campo magnético terrestre, y, por otro lado, sensiblemente centrado en dicho fluido 230, y por tanto sin contacto con el recinto 210 externo, debido a su flotabilidad nula. Dicha configuración de dicho amortiguador 200 pasivo es particularmente ventajosa ya que mientras el recinto 210 externo este en rotación, el fluido 230 sufre restricciones de cizallamiento que tienen por origen el diferencial de velocidad de rotación entre dicho recinto 210 externo y dicho cuerpo 220 interno, estas restricciones de cizallamiento aseguran la disipación de energía asociada al movimiento de rotación del recinto 210 externo, y por tanto del satélite 100.

45 Se observa que en el caso particular en el que el recinto 210 externo y el cuerpo 220 interno sean dos esferas concéntricas que tengan por radio respectivos R1 y R2, y por velocidades de rotación respectivas Ω_1 y Ω_2 , y en el que la viscosidad del fluido sea denominada μ , es posible estimar el par viscoso ejercidos sobre el cuerpo 220 interno por medio de la fórmula siguiente:

$$T = -8\pi\mu \frac{R_1^3 R_2^3}{R_1^3 - R_2^3} (\Omega_2 - \Omega_1)$$

Se entiende además que cuanto más aumenta la velocidad de rotación del recinto 210 externo, más se elevan las restricciones de cizallamiento, y más aumenta el par de amortiguación lo que permite, ventajosamente, ralentizar la rotación del satélite 100. A este efecto, los inventores han constatado que cuando el par de amortiguación se hace sensiblemente igual, en valor absoluto, al par magnético ejercidos sobre el cuerpo 220 interno, dicho cuerpo 220 interno fue a su vez arrastrado por el movimiento de rotación del fluido 230. Esto conduce a una caída de la eficacia del amortiguador 200 pasivo que debería limitarse dimensionando el amortiguador 200 pasivo en consecuencia, como se describe, como se describe, por ejemplo, a continuación.

Finalmente, es importante señalar que el amortiguador 200 pasivo está concebido de manera que evita preferiblemente cualquier contacto entre el recinto 210 externo y el cuerpo 220 interno, en especial por medio de una flotabilidad sensiblemente nula de dicho cuerpo 220 interno para al menos una temperatura de dicho fluido 230 viscoso perteneciente al intervalo [10°C, 30°C], esta característica técnica puede darse por defecto cuando el satélite 100 está en órbita. Es por ejemplo el caso en el que dicho amortiguador 200 pasivo está sometido a aceleraciones angulares cuando está lejos del centro de masa del satélite 100, siendo susceptibles estas aceleraciones angulares de amplificar un diferencial de flotabilidad, en especial, en frío cuando la densidad del fluido 230 viscoso se hace superior a la densidad del cuerpo 220 interno.

Sin embargo, los inventores han constatado, por simulaciones numéricas, que cuando el cuerpo 220 interno y el recinto 210 externo están en contacto y en movimiento entre sí, dicho amortiguador 200 pasivo está siempre adaptado para generar un par de amortiguación. En particular, se ha establecido que en el caso en el que el recinto 210 externo y el cuerpo 220 internos sean dos esferas concéntricas, el par de amortiguación aumentó con la excentricidad entre los centros respectivos de dichas dos esferas. Por tanto, se comprende que el amortiguador 200 pasivo está efectivamente siempre adaptado para ralentizar la rotación del satélite 100.

En un ejemplo preciso de realización del amortiguador 200 pasivo de la figura 2, el recinto 210 externo y el recinto 222 interno están realizados de Vespel®. El recinto 210 externo tiene radios externo e interno respectivamente iguales a 5,25 cm y 5 cm. El recinto 222 interno, por su parte, tiene radios externo e interno respectivamente iguales a 4,9 cm y 4,65 cm. El imán 223 permanente es de forma cilíndrica, de longitud igual a 8 cm y de radio igual a 3,26 mm, y tiene un momento magnético igual a 1,5 A.m². El fluido 230 viscoso es de aceite de dimeticona del tipo PSF-5cSt®, comprendiendo el amortiguador 200 pasivo una masa de 29 g. Además, el recinto 222 interno y el imán 223 permanente tienen una masa acumulada igual a 458 g, y dicho recinto 222 interno comprende espuma de poliuretano, de densidad igual a 684 kg.m⁻³, en un volumen no ocupado por el imán 223 permanente y una cantidad suficiente para que el cuerpo 220 interno tenga una densidad sensiblemente igual a la densidad del fluido 230 a 20°C.

Los inventores han constatado que dicha configuración del amortiguador 200 pasivo permite asegurar una ralentización suficiente de la rotación de un satélite 100, de inercia sensiblemente igual a 100 kg.m², colocado en órbita circular polar a una altura de 700 km y cuyos medios de control activos de la posición están averiados, en un intervalo de tiempo que varía de 1 semana a 6 meses. Dicho intervalo de tiempo es particularmente ventajoso cuando se trata, por ejemplo, de desorbitar un satélite 100 al final de su vida que pertenece a una constelación de satélites.

Se comprende por tanto que el dimensionamiento del amortiguador 200 pasivo así como el material que entra en su composición y el tipo de fluido 230 viscoso son elegidos de manera que aseguran una ralentización de la velocidad de rotación del satélite 100, preferiblemente con una detención de esta rotación en un periodo fijo (por ejemplo 6 meses), pero también de manera que garantiza que dicho dispositivo 200 permanece funcional incluso a baja temperatura, por ejemplo, hasta -75°C, cuando todas las fuentes de energía embarcadas en el satélite 100 se han agotado.

Las figuras 3 y 4 representan esquemáticamente una variante de realización de un amortiguador 200 pasivo de la figura 2, en el cual el cuerpo 220 interno es móvil en rotación en el interior del recinto 210 externo alrededor de un solo eje de rotación (representado en línea de puntos en las figuras 3 y 4).

Por ejemplo, y tal como se ilustra por las figuras 3 y 4, la superficie 211 interna del recinto 210 externo y la superficie 221 externa del cuerpo 220 interno poseen, cada una, un único eje de revolución sensiblemente coincidente con dicho un solo eje de rotación, y son además sensiblemente homotéticas.

En dicha configuración, es, por otro lado, ventajoso que la superficie 221 externa del cuerpo 220 interno presente, a nivel del eje de rotación, protuberancias 225 cuyos extremos respectivos se alojan, sin contacto, en cavidades 215 practicadas, a nivel del eje de rotación, en la superficie 211 interna del recinto 210 externo. Por ejemplo, y tal como se ilustra a título en ningún caso limitativo por la figura 3, la superficie 221 externa del cuerpo 220 interno comprende dos protuberancias 225, de extremos respectivos puntiagudos, y situadas respectivamente a nivel de dos puntos de intersección del eje de rotación con dicha superficie 221 externa. Estas protuberancias 225 asociadas a dichas

5 cavidades 215 tienen por ventaja, además de una elección de material apropiada para la superficie 211 interna del recinto 210 externo y la superficie 221 externa del cuerpo 220 interno, de minimizar los riesgos de fijación debidos a las fuerzas de Van der Waals entre estas dos superficies. Nada excluye sin embargo, según otros ejemplos no detallados aquí, que el extremo de las protuberancias no sea puntiagudo. Además, dichas disposiciones no están limitadas a la configuración de la figura 3.

10 En el ejemplo ilustrado por la figura 3, según un plano de corte que pasa por el eje de rotación, la superficie 211 interna del recinto 210 externo y la superficie 221 externa del cuerpo 220 interno son, respectivamente, de forma cilíndrica. De forma más particular, el cuerpo 220 interno comprende un recinto 222 interno, que comprende un imán 223 permanente, y la superficie 212 externa del recinto 210 externo así como la superficie 224 interna del recinto 222 interno son también, respectivamente, de forma cilíndrica. Nada excluye sin embargo, según otros ejemplos no detallados, que la superficie 212 externa del recinto 210 externo y la superficie 224 interna del recinto 222 interno tengan otras formas.

15 En el ejemplo ilustrado por la figura 4, según un plano de corte que pasa por dicho un solo eje de rotación, la superficie 211 interna del recinto 210 externo y la superficie 221 externa del cuerpo 220 interno tienen, respectivamente, una forma de H. De forma más particular, el cuerpo 220 interno es macizo y la superficie 212 externa del recinto 210 externo tiene también una forma de H. Dicha configuración permite, en especial, aumentar la superficie de cizallamiento para el mismo volumen ocupado.

20 Se comprende que dicha variante de realización permite limitar la libertad de movimiento del cuerpo 220 interno, en el interior del recinto 210 externo, de manera que el amortiguador 200 pasivo está destinado a ralentizar la componente del movimiento de rotación de un satélite 100 proyectándose sobre dicho un solo eje de rotación.

25 La figura 5 representa una variante preferida de realización del satélite 100 en la cual dicho satélite 100 comprende tres amortiguadores 200 pasivos tales como los ilustrados por la figura 3, estando dichos tres amortiguadores 200 pasivos situados sobre la superficie 112 interna del cuerpo 110 principal, y dispuestos de manera que los ejes de rotación de sus cuerpos 220 internos respectivos no sean paralelos dos a dos. Dicha configuración es equivalente, desde un punto de vista teórico, a la de un amortiguador 200 pasivo que comprende al menos un cuerpo 220 interno móvil en rotación en el interior del recinto 210 externo alrededor de ejes de rotación cualquiera. Nada excluye sin embargo, según otros ejemplos no detallados en este caso, tener tres amortiguadores 200 pasivos diferentes de los ilustrados en la figura 3, como por ejemplo amortiguadores 200 pasivos tal como los ilustrados en la figura 4. De forma más general, se pueden tener tres amortiguadores 200 pasivos configurados de manera que sus cuerpos 220 internos respectivos son móviles en rotación alrededor de un solo eje de rotación, y dispuestos de manera que estos ejes de rotación no son paralelos dos a dos.

35 Por otro lado, los inventores han constatado que la presente invención podría ser implementada por medio de dos amortiguadores 200 pasivos configurados de manera que sus cuerpos 220 internos respectivos son móviles en rotación alrededor de un solo eje de rotación, y dispuestos de manera que estos ejes de rotación no son paralelos dos a dos. De hecho, dicha configuración permite obtener medios de control pasivos de posición con rendimiento sensiblemente igual a una configuración que comprende tres amortiguadores 200 pasivos del mismo tipo. De hecho, y en la práctica, cuando el satélite 100 está en configuración muerta, está animado de un movimiento de rotación, de velocidad elevada, según una pluralidad de ejes de rotación. Incluso si el satélite 100 estuviese animado de un movimiento de rotación según un único eje de rotación, la probabilidad de que este eje único de rotación este contenido en un plano ortogonal al plano definido por los ejes de rotación de los dos cuerpos 220 internos es despreciable.

40 Nada excluye tampoco que los medios de control pasivo de posición comprendan un único amortiguador 200 pasivo configurado de manera que su cuerpo 220 interno sea móvil en rotación alrededor de un solo eje de rotación. Los inventores han constatado que dicha configuración permitiría obtener buenos rendimientos de reducción de velocidad de rotación del satélite 100 en configuración muerta.

45 De manera más general, se ha de señalar que los modos de realización considerados anteriormente han sido descritos a título de ejemplo no limitativos, y que se pueden contemplar por consiguiente otras variantes.

REIVINDICACIONES

1. Proyectil destinado al amortiguación de un vehículo (100) espacial que comprende un cuerpo (110) principal así como medios (150) de control activo de posición adaptados para estabilizar la posición de dicho vehículo (100) espacial según tres ejes, comprendiendo dicho proyectil un arpón y estando destinado a equipar un vehículo espacial de lanzamiento, distinto del vehículo espacial, para ser proyectado desde dicho vehículo espacial de lanzamiento hacia dicho vehículo (100) espacial, estando caracterizado dicho proyectil porque comprende un amortiguador (200) pasivo montado fijo sobre dicho arpón y adaptado para generar, en comparación con el campo magnético terrestre, un par de amortiguación, comprendiendo dicho amortiguador (200) pasivo un recinto (210) externo y un cuerpo (220) interno configurados de manera que:
- 5
- 10 - dicho cuerpo (220) interno está situado en el interior de dicho recinto (210) externo y móvil en rotación en el interior de dicho recinto (210) externo alrededor de al menos un eje de rotación,
- dicho recinto (210) externo comprende una superficie (211) interna y dicho cuerpo (220) interno comprende una superficie (221) externa, estando separadas dichas superficies por medio de un fluido (230) viscoso,
- dicho cuerpo (220) está imantado de manera permanente,
- 15 - dicho recinto (210) externo está configurado para ser solidario en rotación con el cuerpo (110) principal de dicho vehículo (100) espacial una vez que dicho arpón se fija a dicho cuerpo (110) principal.
2. Proyectil según la reivindicación 1, caracterizado por que el cuerpo (220) interno del amortiguador (200) pasivo es móvil en rotación en el interior de dicho recinto (210) externo alrededor de un solo eje de rotación, poseyendo la superficie interna (211) del recinto (210) interno y la superficie (221) externa del cuerpo (220) interno, cada una, un
- 20 único eje de revolución sensiblemente coincidente con dicho un solo eje de rotación, y siendo además sensiblemente homotéticas.
3. Vehículo espacial de lanzamiento que comprende al menos un proyectil según una de las reivindicaciones 1 o 2.



