

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 380 407**

51 Int. Cl.:  
**B64G 1/22** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09784429 .4**  
96 Fecha de presentación: **24.06.2009**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2307277**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **13.04.2011**

54 Título: **Mástil desplegable de estructura replegada que es espontáneamente desplegable y rígida al estar desplegada**

30 Prioridad:  
**25.06.2008 FR 0803571**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**11.05.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**11.05.2012**

73 Titular/es:  
**Centre National d'Etudes Spatiales (C.N.E.S.)  
2, Place Maurice Quentin  
75039 Paris Cedex 01, FR**

72 Inventor/es:  
**CASTERAS, Christophe**

74 Agente/Representante:  
**Mir Plaja, Mireia**

ES 2 380 407 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

Mástil desplegable de estructura replegada que es espontáneamente desplegable y rígida al estar desplegada

- 5 **[0001]** La invención se refiere a un mástil desplegable, y en particular a un mástil espacial desplegable destinado a ir embarcado en un sistema espacial (como por ejemplo un satélite espacial artificial, una sonda espacial, un vehículo espacial, etc.).
- 10 **[0002]** Un mástil espacial puede servir por ejemplo para llevar un captador (magnetómetro, láser, cámara, emisor, receptor, etc.) en su extremo distal, para así alejarlo del cuerpo principal del sistema espacial, para efectuar mediciones en este cuerpo principal y/o para estar fuera de su influencia (principalmente de naturaleza electromagnética (parásitos), óptica (enmascaramiento), gravitacional o inercial). Un mástil espacial puede igualmente ser utilizado por ejemplo para el despliegue de órganos mecánicos tales como una vela de frenado de un satélite que permita ajustar su órbita, o una pantalla de telescopio o una estructura ligera desplegable de grandes dimensiones. Por razones relativas a la ocupación de espacio, un mástil de este tipo, cuya longitud debe poder ser de varios metros, debe estar replegado al tener lugar el lanzamiento, y debe ser desplegado únicamente cuando el sistema espacial esté en el espacio, en particular en órbita, en posición de utilización del mástil.
- 15 **[0003]** Un mástil desplegable de este tipo puede igualmente ser utilizado en aplicaciones terrestres en las cuales puedan plantearse los mismos problemas, tales como los de soportar en altura una cámara, un detector, un emisor, un receptor, diversos captadores, etc. Por ejemplo, un mástil desplegable de este tipo puede ser también utilizado en la fabricación de estructuras plegables/desplegables, tales como por ejemplo refugios provisionales, tiendas, carpas, etc.
- 20 **[0004]** Son principalmente conocidas dos distintas categorías de mástiles desplegables.
- 25 **[0005]** Un mástil desplegable según la primera categoría conocida está formado por una estructura que comprende una pluralidad de segmentos rígidos articulados (véanse por ejemplo los documentos EP 0858946 y US 5580013) y/o telescópicos (véase por ejemplo la US 5315795), o una banda desplegada de manera helicoidal, estando esta estructura asociada a un dispositivo motorizado de despliegue. Un mástil de este tipo presenta en general el inconveniente de tener un peso y unas dimensiones exteriores relativamente importantes, incluso en el estado de repliegue, de presentar cierta complejidad y de tener un coste elevado.
- 30 **[0006]** Un mástil desplegable según la segunda categoría conocida está formado por un tubo inflable (véanse por ejemplo los documentos FR 2876984 o US 2004/0046085). Un mástil de este tipo presenta la ventaja de una mayor liviandad, de una mayor sencillez y de un bajo coste. Dicho mástil presenta sin embargo el inconveniente de un mal dominio de sus dimensiones y de su rigidez al estar desplegado, y ello tanto a la flexión como a la compresión axial. Además, para su despliegue necesita una fuente de gas comprimido, que es pesada y ocupa mucho espacio.
- 35 **[0007]** Así pues, la invención pretende paliar todos estos inconvenientes proponiendo un mástil desplegable que simultáneamente sea de gran liviandad y presente un bajo peso y unas mínimas dimensiones exteriores estando replegado y que, estando desplegado, sea de gran rigidez a la flexión y a la compresión axial y presente unas dimensiones determinadas con precisión.
- 40 **[0008]** La invención pretende asimismo proponer un mástil desplegable de este tipo que sea de bajo coste, que sea fácil y fiable de desplegar y que pueda ser realizado en materiales compatibles con una aplicación espacial, pero que pueda también ser objeto de aplicaciones terrestres.
- 45 **[0009]** Para hacer esto, la invención se refiere a un mástil que es desplegable según un eje de despliegue longitudinal y comprende:
- 50 - una estructura formada por una sucesión de pisos unidos mediante articulación unos a otros dos a dos en prolongación unos de otros según el eje de despliegue, estando dicha estructura adaptada para poder ser puesta ya sea en un estado de repliegue en el que los pisos están replegados unos sobre los otros longitudinalmente y ocupan un espacio axial mínimo, o bien en un estado de despliegue en el que dichos pisos definen una forma predeterminada,
- 55 - un dispositivo que da la orden de disparo del despliegue y está asociado a dicha estructura para así poder permitir su despliegue longitudinal para pasar al estado de despliegue a partir del estado de repliegue,
- los pisos están unidos mediante articulación unos a otros por medio de charnelas, estando cada charnela contenida en un plano transversal ortogonal al eje de despliegue, para que así en el estado de repliegue la estructura esté replegada a la manera de un acordeón,
- 60 - cada piso de la estructura comprende al menos tres plaquitas que están unidas mediante articulación dos a dos y se extiende en forma general de corona en torno al eje de despliegue, caracterizado por el hecho de que:
- cada plaquita presenta en reposo una forma general curva,
- las plaquitas de cada piso de la estructura y las uniones que constituyen las uniones mediante articulación de las plaquitas entre sí y entre los pisos están adaptadas para que, en el estado de despliegue de la estructura:

- cada plaquita presente una sección transversal recta de forma curva en torno al eje de despliegue,  
 - debido a su geometría y a su unión, la estructura adopte una forma estable rígida a la compresión axial, con un efecto de bloqueo de pandeo que impida todo repliegue intempestivo de las plaquitas y de los pisos unos con respecto a otros según el eje de despliegue.

5

**[0010]** En un mástil según la invención cada plaquita es en reposo (es decir, en ausencia de deformación) de forma curva, es decir que no se extiende en un plano (en todo el texto, el vocablo “curva” aplicado a una forma superficial designa de manera general a toda superficie en el espacio que no se confunde con un plano). Ventajosamente, un mástil según la invención está también caracterizado por el hecho de que cada plaquita es de una sola pieza y rígida a la flexión según una dirección longitudinal contenida en un plano longitudinal que pasa por el eje de despliegue, pero flexible según una dirección, llamada dirección transversal, ortogonal a la dirección longitudinal, y de que la forma en reposo de cada plaquita está adaptada para que, en el estado de repliegue, cada plaquita esté deformada elásticamente por flexión con esfuerzos elásticos de flexión aptos para al menos iniciar el despliegue de la estructura a partir del estado en el que la misma está replegada, o sea a partir del estado de repliegue. Por otro lado, ventajosamente y según la invención, la forma en reposo de cada plaquita está adaptada para que, en el estado de despliegue, cada plaquita presente una forma correspondiente ya sea a su forma en reposo, o bien a una forma en la cual la misma está deformada elásticamente por flexión con esfuerzos elásticos de deformación por flexión inferiores a los esfuerzos elásticos de flexión de la plaquita al estar la misma en el estado de repliegue. Más en particular, en un mástil según la invención las plaquitas están aplanadas cuando las mismas están en el estado de repliegue, es decir que están deformadas a partir de su forma curva en reposo para así disminuir su curvatura para que queden más planas. En consecuencia, la estructura es más estable en el estado de despliegue, o sea en el estado en el que la misma está desplegada, que en el estado de repliegue, o sea en el estado en el que la misma está replegada, y tiende pues a desplegarse espontáneamente.

10

15

20

25

**[0011]** Una estructura de este tipo se despliega espontáneamente y presenta una forma estable y debido a su forma constructiva se bloquea en el estado de despliegue, formando un bloqueo de pandeo. Dicha estructura puede ser objeto de distintos modos de realización.

30

35

**[0012]** El número de plaquitas de cada piso de una estructura de un mástil según la invención puede ser objeto de diversas variantes. Preferiblemente, los distintos pisos comprenden todos ellos un mismo número de plaquitas de iguales dimensiones, presentando la estructura una forma general cilíndrica, y en particular cilíndrica de revolución, en el estado de despliegue. Como variante nada impide, sin embargo, prever que la estructura presente en el estado de despliegue otra forma distinta de la globalmente tubular cilíndrica de revolución, como por ejemplo una forma de tipo troncocónico, pudiendo variar a lo largo del eje de despliegue el número de plaquitas y/o las dimensiones de las plaquitas de cada piso. En particular, en una variante según la invención las plaquitas presentan una anchura variable, creciente o decreciente, de un piso al otro; y en particular cada plaquita presenta una anchura variable desde su parte proximal hasta su parte distal, de forma tal que la estructura presenta una forma general monocilíndrica, y en particular troncocónica de revolución, al encontrarse en el estado de despliegue.

40

45

**[0013]** En el estado de despliegue de la estructura, cada plaquita constituye un elemento constitutivo de la estructura que le confiere su forma y sus propiedades mecánicas, sobre todo en cuanto a la rigidez y a la resistencia. En todo el texto, el vocablo “plaquita” engloba a todo elemento de una sola pieza que presente una dimensión (espesor) sensiblemente menor que las otras, es decir, no solamente una parte de placa maciza de pequeñas dimensiones, sino asimismo cualquier estructura equivalente desde el punto de vista de su comportamiento mecánico, como por ejemplo un conjunto de varias varillas y/o barras y/o bandas.

50

**[0014]** En un mástil según la invención, ventajosamente cada piso de la estructura comprende varias plaquitas y se extiende en forma general de corona en torno al eje de despliegue, extendiéndose la estructura en torno al eje de despliegue. Además, cada plaquita presenta en reposo una forma curvada en forma de parte de cilindro (de base circular (cilindro de revolución) o no circular, como por ejemplo elíptica o poligonal) de eje longitudinal paralelo al eje de despliegue y con la convexidad orientada hacia el exterior.

55

**[0015]** En una variante de realización, las plaquitas de cada piso están adaptadas para que el piso presente en el estado de despliegue una sección de forma globalmente simétrica de revolución en torno al eje de despliegue, presentando la estructura asimismo en el estado de despliegue una forma general simétrica de revolución en torno al eje de despliegue. Son posibles otras variantes. Por ejemplo, las plaquitas de cada piso pueden estar adaptadas para que el piso presente en el estado de despliegue una sección de forma poligonal (estructura prismática) y/o simétrica con respecto al eje de despliegue.

60

**[0016]** Ventajosamente, en un mástil según la invención dos plaquitas adyacentes de un mismo piso están unidas mediante articulación una a la otra por medio de una unión pivote, llamada unión interplaquitas, de eje contenido en un plano que contiene al eje de despliegue. Así, las plaquitas adyacentes de un mismo piso pueden pivotar una con respecto a la otra, para así permitir el paso del estado de repliegue al estado de despliegue. Ventajosamente y según la invención, el eje de cada unión interplaquitas es al menos sensiblemente normal a cada plaquita unida por esta unión.

5 **[0017]** Por otro lado, en los distintos modos de realización de la invención ventajosamente cada plaquita de un piso está unida mediante articulación a una plaquita de cada piso adyacente por medio de una charnela que recibe el nombre de charnela interpisos y forma una unión pivote de eje ortogonal al eje de despliegue, estando cada charnela interpisos adaptada para poder experimentar una flexión elástica que corresponde a la de las plaquitas que dicha charnela une a lo largo del despliegue. Con preferencia, ventajosamente y según la invención cada plaquita está hecha de una pieza maciza y cada charnela interpisos está hecha de una charnela del tipo de las de película o puente flexible, o bien está hecha de al menos dos goznes.

10 **[0018]** Ventajosamente y según la invención, las uniones interplaquitas de un mismo piso están interpuestas entre dos charnelas interpisos, una interna y la otra externa en el estado de repliegue. Por otro lado, ventajosamente y según la invención, la anchura L de cada plaquita tomada según la dirección teórica que pasa por las dos uniones interplaquitas de esta plaquita es superior o igual a la longitud axial  $l_1$ ,  $l_2$  de cada charnela interpisos de esta plaquita. Ventajosamente y según la invención, la longitud axial  $l_1$  de cada charnela interpisos interna es inferior o igual a la longitud axial  $l_2$  de cada charnela interpisos externa.

20 **[0019]** Un mástil según la invención puede estar concebido para poder desplegarse espontánea y automáticamente hasta el estado de despliegue. Sin embargo, nada impide prever, de ser necesario, un dispositivo de accionamiento del despliegue de la estructura apto para asegurar el despliegue total de la estructura hasta el estado de despliegue. En una ventajosa variante de realización de un mástil según la invención, dicho dispositivo de accionamiento comprende un tubo inflable (o vejiga) que se extiende a lo largo de la estructura y presenta un extremo proximal conectado a una fuente de gas comprimido y un extremo distal conectado a un extremo axial distal de la estructura. Así, un mástil según la invención comprende en combinación una estructura replegada desplegable hecha de plaquitas articuladas, y un tubo inflable que contribuye al despliegue de esta estructura. Preferiblemente, el tubo inflable se extiende en el interior de la estructura y está unido a las charnelas interpisos internas. Como variante y según la invención, el tubo inflable se extiende en el exterior de la estructura y está unido a las charnelas interpisos externas.

30 **[0020]** En un mástil según la invención, cada plaquita es ventajosamente de una sola pieza y rígida a la flexión según una dirección longitudinal contenida en un plano longitudinal que pasa por el eje de despliegue, pero flexible según una dirección que recibe el nombre de dirección transversal y es ortogonal a la dirección longitudinal. Dicho de otro modo, cada plaquita es rígida y no puede ser sensiblemente combada longitudinalmente, pero puede ser combada transversalmente (por encorvadura en torno a la dirección longitudinal). Preferiblemente, el eje de cada charnela interpisos discurre en el estado de repliegue en un plano tangente a las dos plaquitas unidas por esta unión.

35 **[0021]** Cada plaquita pueda estar hecha de una sola pieza o de varias piezas unidas rígidamente unas a otras. Dicha plaquita puede ser maciza o más o menos hueca. Ventajosamente y según la invención, cada charnela interpisos está hecha de una charnela seleccionada de entre los miembros del grupo que consta de las charnelas del tipo de las de película flexible, las charnelas del tipo de las de puente flexible, las charnelas del tipo plano y las charnelas formadas por al menos dos goznes. Por otro lado, ventajosamente y según la invención el eje de cada unión interplaquitas es al menos sensiblemente normal a cada plaquita unida por esta unión.

45 **[0022]** Por otro lado, ventajosamente, un mástil según la invención comprende un receptáculo que es apto para contener la estructura en el estado de repliegue y presenta un extremo distal que forma una abertura a través de la cual la estructura puede ser desplegada longitudinalmente, y el extremo distal del receptáculo está provisto de lengüetas flexibles que se extienden radialmente hacia el interior y cooperan con los pliegues de la estructura para así frenar el despliegue y darle una dirección. Estas lengüetas elásticas, con preferencia uniformemente repartidas en torno al eje de despliegue y adaptadas para poder ejercer esfuerzos radiales iguales y equilibrados, tienen asimismo por función la de imponer la dirección de despliegue del mástil (función de guiado).

50 **[0023]** La invención se refiere asimismo a un mástil desplegable caracterizado en combinación por la totalidad o parte de las características que se han mencionado anteriormente o que se mencionan de aquí en adelante.

55 **[0024]** Otras finalidades, características y ventajas de la invención quedarán de manifiesto a la luz de la lectura de la siguiente descripción que hace referencia a las figuras adjuntas, que representan a título de ejemplo no limitativo un modo de realización de la invención, y en las cuales:

- la figura 1 es una vista esquemática de perfil de un mástil según la invención en el estado de despliegue,
- la figura 2 es una vista esquemática en perspectiva de un mástil según la invención que está desplegándose,
- la figura 3 es una vista esquemática en sección transversal de un mástil según la invención en el estado de despliegue,
- la figura 4 es una vista esquemática en sección transversal de un mástil según la invención en el estado de repliegue,
- 60 - la figura 5 es una vista esquemática en sección axial de un mástil según la invención en el estado de repliegue,
- la figura 6 es un esquema de detalle que ilustra la cinemática de la estructura de un mástil según la invención en el estado de despliegue.

5 **[0025]** El mástil desplegable según la invención que está representado en las figuras es un mástil desplegable que comprende una estructura 1 replegada en acordeón y hecha de una pluralidad de pisos 2, 3 unidos mediante articulación unos a otros dos a dos y que se suceden en prolongación unos de otros dos a dos apilados según un eje longitudinal 4 de la estructura 1 que constituye un eje 4 de despliegue de esta estructura 1 y del mástil, estando cada piso 2, 3 hecho por su parte de una pluralidad de plaquitas 5 unidas mediante articulación dos a dos.

10 **[0026]** El mástil comprende asimismo un receptáculo 7 que contiene la estructura 1 en estado de repliegue. Este receptáculo 7 tiene la forma general de manguito cilíndrico y presenta una base 8 fijada a un chasis no representado del aparato que lleva el mástil (como por ejemplo la plataforma de un satélite). En todo el texto, el vocablo "proximal" y sus derivados designan a partes situadas en el lado del receptáculo 7 del chasis a las cuales el mismo está unido, mientras que el vocablo "distal" y sus derivados designan por el contrario partes situadas en el lado del extremo del mástil que es el más alejado del receptáculo 7 en el estado de despliegue.

15 **[0027]** El receptáculo 7 forma una caja globalmente cilíndrica y presenta, en el lado opuesto al de la base 8, una abertura de despliegue 9 dotada de lengüetas flexibles 11 que se extienden radialmente hacia el interior desde la pared cilíndrica de este receptáculo 7.

20 **[0028]** En el lado opuesto al de su base 8, para cubrir las lengüetas 11 el receptáculo 7 está dotado de una tapa amovible 10 a la que normalmente mantienen colocada en su sitio con respecto al cuerpo principal 12 del receptáculo 7 órganos de bloqueo 13 asociados a un dispositivo que da la orden de disparo que permite ordenar el desbloqueo de estos órganos 13.

25 **[0029]** Tales órganos de bloqueo 13 que pueden ser desbloqueados a voluntad pueden ser objeto de gran número de distintas variantes de realización. En una forma de realización representada a título de ejemplo en las figuras, los órganos de bloqueo 13 están hechos de ganchos 13 que comprenden una primera parte 13a solidaria del cuerpo 12 y una segunda parte 13b que cubre la tapa 10 para mantenerla en su sitio. Las dos partes 13a, 13b se mantienen normalmente fijas una con respecto a la otra, pero pueden ser separadas en virtud del efecto de una orden de disparo. Por ejemplo, las dos partes 13a, 13b están unidas una a la otra por un dispositivo pirotécnico (no representado), una parte de aleación con memoria de forma, un accionador electromagnético, un accionador de parafina, etc., gobernado por un cable eléctrico (no representado). Al serle aplicada una corriente eléctrica al dispositivo pirotécnico, éste último explota y separa las dos partes 13a, 13b del gancho 13 correspondiente, lo cual libera la tapa 10 y permite el despliegue de la estructura 1 como está representado en las figuras 1 y 2.

35 **[0030]** Para cada piso 2, 3 de la estructura 1, las plaquitas 5 están unidas dos a dos, estando dos plaquitas 5 adyacentes unidas mediante articulación una a la otra por medio de una unión pivote, llamada unión interplaquitas 18, de eje 19 contenido en un plano que contiene al eje de despliegue 4. El eje 19 de cada unión interplaquitas 18 está orientado (tanto en el estado de repliegue como en el estado de despliegue) según una dirección normal a cada plaquita 5 unida por esta unión interplaquitas 18. Cada unión interplaquitas 18 puede estar formada, por ejemplo, por un remache, un perno, un pasador, etc. que una las dos plaquitas.

40 **[0031]** Cada plaquita 5 de un piso 2, 3 está unida mediante articulación a una plaquita 5 de cada piso 3, 2 adyacente por medio de una charnela que recibe el nombre de charnela interpisos 20, 21 y forma una unión pivote de eje 22, 23 ortogonal al eje de despliegue 4, es decir, contenido en un plano transversal al eje de despliegue 4 y que discurre en un plano tangente a esta plaquita 5 unida por esta charnela. Cada charnela interpisos 20, 21 está además adaptada para poder experimentar cierta flexión elástica según su eje, que corresponde a la de las plaquitas 5 que dicha charnela une, a lo largo del despliegue.

50 **[0032]** Las uniones interplaquitas 18 de un mismo piso 2, 3 están contenidas en un mismo plano transversal y, para cada plaquita 5, están interpuestas entre dos charnelas interpisos 20, 21 que unen a esta plaquita 5 a pisos adyacentes, o sea una charnela interpisos interna 20 y una charnela interpisos externa 21. Una charnela interpisos interna 20 está replegada radialmente hacia el interior y se desplaza radialmente hacia el exterior a lo largo del despliegue. Una charnela interpisos externa 21 está replegada radialmente hacia el exterior y se desplaza radialmente hacia el interior a lo largo del despliegue. Así, la estructura 1 está replegada en acordeón y se despliega como un acordeón.

55 **[0033]** En el modo de realización representado, cada plaquita 5 es una parte de placa maciza curva de espesor constante realizada en un material sintético que puede ser ventajosamente un material polímero termoplástico o termoendurente o compuesto o metálico. Cada plaquita 5 presenta en reposo una forma general curva de tal manera que en el estado de despliegue de la estructura 1 cada plaquita 5 presenta una sección transversal recta de forma curva en torno al eje de despliegue 4. Dicho de otro modo, en reposo cada plaquita 5 es curvada con una forma general de teja en torno a un eje que constituye su dirección longitudinal y está contenido en un plano longitudinal que pasa por el eje de despliegue 4 (es decir que es curvada según una dirección transversal ortogonal a esta dirección longitudinal). Por el contrario, cada plaquita 5 es rígida, o en particular más rígida, a la flexión según esta dirección longitudinal, en particular de forma tal que en el estado de despliegue opone resistencia al pandeo. Preferiblemente, cada plaquita 5 está hecha de una placa maciza que en reposo es curvada con una forma general de teja (parte de cilindro, y en

particular de cilindro de revolución) pero es flexible según su dirección transversal para así poder ser aplanada en forma general de placa plana en el estado de repliegue de la estructura 1.

**[0034]** Las formas y dimensiones generales de la estructura 1 y de cada plaquita 5, así como el número de distintas plaquitas 5 por piso, se eligen preferiblemente de forma tal que, en el estado de despliegue de la estructura 1, cada plaquita 5 se encuentre al menos sensiblemente en su forma en reposo (curvada en forma de teja) y que, en el estado de repliegue de la estructura 1, cada plaquita 5 se encuentre al menos sensiblemente aplanada en forma de placa plana. Nada impide sin embargo como variante prever que el aplanamiento de cada plaquita 5 en el estado de repliegue de la estructura 1 no se realice hasta obtener una forma perfectamente plana, estando cada plaquita 5 aún ligeramente curvada, y/o que cada plaquita 5 se encuentre aún deformada por flexión con ciertos esfuerzos elásticos de flexión residuales en el estado de despliegue de la estructura 1. Sin embargo y de todas formas, los esfuerzos elásticos de deformación por flexión residuales de cada plaquita 5 en el estado de despliegue de la estructura 1 son inferiores a los esfuerzos elásticos de flexión de la misma plaquita 5 en el estado de repliegue. De tal manera, a partir del estado de repliegue, desde que es liberada la estructura 1 ésta última se despliega espontáneamente en virtud del efecto de los esfuerzos elásticos residuales de flexión de cada plaquita 5. Preferiblemente, la estructura 1 está adaptada de forma tal que este despliegue automático en virtud del efecto de los esfuerzos elásticos de las plaquitas 5 en el estado de repliegue se produce hasta el estado de despliegue (completo) de la estructura 1.

**[0035]** Nada impide prever sin embargo, como variante no representada, un dispositivo de accionamiento del despliegue de la estructura 1 que por ejemplo comprenda un tubo inflable que se despliegue según el eje de despliegue 4 y se extienda a lo largo de la estructura 1. Un tubo inflable de este tipo puede estar por ejemplo hecho de una bolsa tubular de una película estanca a los gases de dimensiones similares a las de la estructura 1, para así poder ser desplegado con esta estructura 1 y accionar el despliegue de ésta última. El tubo inflable se extiende en el interior o en el exterior de la estructura 1 y está unido a ésta última, al menos en su extremo distal. Un tubo de inflamiento puede estar previsto en la base 8 del receptáculo 7 en comunicación con el interior del tubo inflable de forma adecuada para permitir el inflamiento de éste último a partir de una fuente de gas comprimido.

**[0036]** Además, las charnelas interpisos 20, 21, son charnelas del tipo de las de película o puente flexible, es decir que están hechas cada una de una banda flexible de menor espesor que une a las dos plaquitas consideradas, pudiendo esta banda tener su origen en la mecanización, con disminución del espesor, de las plaquitas (constituyendo las distintas plaquitas 5 unidas unas a otras sucesivamente por las charnelas interpisos 20, 21 una banda continua que se extiende paralelamente al eje de despliegue), o bien en el moldeo, o bien pudiendo por el contrario ser añadida por encolado a cada plaquita. En este último caso, la banda que forma charnela no está necesariamente hecha del mismo material como las plaquitas. Dicha banda puede en particular estar hecha de una parte de hoja o de una película metálica, tal como por ejemplo lámina de aluminio. Las charnelas interpisos 20, 21 pueden igualmente estar constituidas cada una por al menos dos goznes coaxiales. Son posibles otras formas de realización.

**[0037]** La estructura 1 comprende dos tipos de pisos. Un piso 2 según un primer tipo comprende una charnela interpisos interna 20 del lado proximal y una charnela interpisos externa 21 del lado distal. Un piso 3 según el segundo tipo comprende una charnela interpisos externa 21 del lado proximal y una charnela interpisos interna 20 del lado distal.

**[0038]** La estructura 1 presenta, en su extremo proximal 15, un piso que en el ejemplo de realización que está representado en la figura 5 es un piso 3 del segundo tipo (pero con  $h_2 = 0$ , siendo  $h_2$  la distancia que separa la dirección teórica 24 que une las uniones interplaquitas 18 de la charnela interpisos externa 21 de una plaquita 5), solidario de la base 8. La estructura 1 está dotada en su extremo distal 16 de una tapa extrema 17.

**[0039]** Los ejes 22, 23 de las charnelas interpisos 20, 21 y la dirección teórica 24 que une los puntos de intersección de los ejes 19 de las uniones interplaquitas 18 de una plaquita 5 son paralelos y ortogonales al eje de despliegue 4. Además, las dos uniones interplaquitas 18 que unen a una misma plaquita 5 a dos plaquitas 5 del mismo piso, respectivamente a cada lado, están interpuestas entre las dos charnelas interpisos 20, 21 que unen respectivamente esta plaquita 5 a los dos pisos adyacentes. Dicho de otro modo, la dirección teórica 24 que pasa por las uniones interplaquitas 18 está interpuesta entre las dos charnelas interpisos 20, 21 de la plaquita 5.

**[0040]** En toda posición de la estructura 1 que corresponda a un estado de repliegue o de repliegue parcial, los ejes 19 de las uniones interplaquitas 18 no son perpendiculares al eje de despliegue 4, de forma tal que las distintas plaquitas 5 pueden pivotar dos a dos unas con respecto a otras para así adoptar posiciones relativas en las que las mismas presentan una forma de menor esfuerzo elástico residual de flexión. En particular, en el modo de realización representado las plaquitas 5 están al menos sensiblemente aplanadas para así ser planas en el estado de repliegue de la estructura 1, y se curvan por flexión para recuperar su forma en reposo curvada a lo largo del despliegue.

**[0041]** En cambio, se produce una discontinuidad de geometría cuando la estructura 1 pasa al estado de despliegue. En efecto, en el estado de despliegue los ejes 19 de las uniones interplaquitas 18 son perpendiculares al eje de despliegue 4, de forma tal que las distintas plaquitas 5 de un mismo piso ya no pueden pivotar unas con respecto a otras dos a dos en torno a estos ejes 19. Las distintas plaquitas 5 y sus charnelas interpisos 20, 21 se curvan entonces según una

dirección que recibe el nombre de dirección transversal y es ortogonal a la dirección longitudinal de la plaquita 5 que está contenida en un plano longitudinal que pasa por el eje de despliegue 4 y que, en el estado de despliegue, es paralela a este eje de despliegue 4.

5 **[0042]** En el estado de despliegue, cada plaquita 5 presenta una forma que corresponde a su forma en reposo, o a una forma en la cual la misma está deformada elásticamente por flexión según la dirección transversal con mínimos esfuerzos elásticos de deformación por flexión, en particular inferiores a los esfuerzos elásticos de deformación por flexión de esta plaquita 5 en el estado de repliegue de la estructura 1, lo cual confiere un efecto de bloqueo de la estructura 1 en el estado de despliegue, y, por la forma constructiva, una estabilidad muy grande de esta estructura 1 en el estado de despliegue.

10 **[0043]** Además, en el estado de despliegue, las plaquitas 5 de los distintos pisos se encuentran alineadas unas con respecto a otras según su dirección longitudinal paralela al eje de despliegue 4 y, debido a la curvatura en flexión que las mismas presentan en el estado de despliegue anteriormente mencionado, forman montantes longitudinales de la estructura 1, presentando cada montante así formado una sección transversal recta curvada que produce un efecto de bloqueo de pandeo que impide todo repliegue intempestivo de las plaquitas 5 y de los pisos unos con respecto a otros en virtud del efecto de un eventual esfuerzo de compresión axial que pudiese ser ejercido paralelamente al eje de despliegue 4. Así, la curvatura de las plaquitas 5 y de las charnelas 20, 21 en el estado de despliegue forma un efecto de estructura de tejas que, en combinación con la discontinuidad geométrica al producirse el paso al estado de despliegue y con el hecho de que las plaquitas 5 son sede de esfuerzos elásticos de flexión mínimos o nulos, produce una muy considerable resistencia al pandeo de la estructura 1 en el estado de despliegue y un bloqueo de la estructura 1 en el estado de despliegue.

15 **[0044]** Así, en un mástil según la invención, la estructura 1 se despliega espontáneamente desde el estado de repliegue, pero normalmente es imposible un regreso al estado de repliegue, de forma tal que el despliegue es irreversible. En el estado de despliegue, y debido simplemente a su geometría y a su forma constructiva, la estructura 1 adopta una forma estable (con mínimos o nulos esfuerzos residuales en el seno de las plaquitas 5 asegurando esta estabilidad) y globalmente simétrica en torno al eje de despliegue 4, y en particular globalmente cilíndrica de revolución, y es rígida a la compresión axial longitudinal y a la flexión. La estructura 1 determina entonces la forma y las dimensiones del mástil.

20 **[0045]** Cada piso comprende un número N de plaquitas 5, preferiblemente constante para todos los pisos a todo lo largo de la estructura 1. N es superior o igual a tres, y está ventajosamente comprendido entre cinco y diez, siendo por ejemplo igual a seis. Este número N y la distancia que separa las uniones interplaquitas 18 de cada plaquita 5, que es asimismo preferiblemente constante, es decir la misma para todas las plaquitas 5, al menos en el seno de un piso, y preferiblemente para todos los pisos, determinan la dimensión radial de la estructura 1 en el estado de despliegue. Así, en el caso de plaquitas 5 que son elásticamente flexibles según la dirección transversal y están normalmente curvadas en reposo según esta dirección transversal (es decir, en torno a la dirección longitudinal) de tal manera que se curvan según la dirección transversal en forma general de teja cuando la estructura 1 llega al estado de despliegue, se tiene:  $d \times N = 2\pi R_d$ , siendo  $R_d$  el radio de la estructura 1 cilíndrica de revolución en el estado de despliegue.

25 **[0046]** Por otro lado, para permitir el acondicionamiento inicial de la estructura 1 replegada en acordeón, para cada plaquita 5 la charnela interpisos interna 20 presenta una longitud  $l_1$  inferior a la distancia d que separa la dos uniones interplaquitas 18 de esta plaquita 5. Esta longitud  $l_1$  depende también de la distancia  $h_1$  que separa a la charnela interpisos interna 20 de la dirección teórica 24 que une las uniones interplaquitas 18, determinando las dimensiones radiales internas de la estructura 1 en el estado de repliegue que permiten el paso del tubo inflable 6. Debe tenerse que  $N \times l_1 \leq 2\pi R_i$ , siendo  $R_i$  el radio del cilindro teórico inscrito en el interior de las plaquitas en el estado de repliegue, que depende de  $h_1$  y de  $R_d$ .

30 **[0047]** El espacio libre materializado por este cilindro inscrito interior puede servir de receptáculo para una eventual guarnición compuesta por cables de alimentación de medición que van de la parte proximal a la parte distal del mástil.

35 **[0048]** La resistencia al pandeo de la estructura 1 en el estado de despliegue viene determinada por la más pequeña sección transversal de los montantes formados por la sucesión de las plaquitas 5 de los distintos pisos a lo largo de la estructura 1. Esta sección transversal más pequeña viene determinada por la longitud  $l_1$  de las charnelas interpisos internas 20. En efecto, no interesa prever que la longitud  $l_2$  de las charnelas interpisos externas 21 sea más pequeña que la longitud  $l_1$  de las charnelas interpisos internas 20, lo cual disminuiría inútilmente la resistencia al pandeo. Sea cual fuere la forma de realización de las plaquitas 5, preferiblemente las mismas comprenden una continuidad de material entre las charnelas interpisos 20, 21, al menos dentro de una anchura (según la dirección transversal) correspondiente a la longitud  $l_1$  para así transmitir los esfuerzos axiales de pandeo a una sección correspondiente a este longitud  $l_1$ .

40 **[0049]** En consecuencia, en un mástil según la invención es preferible que  $l_2 \geq l_1$ . Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, conviene elegir las dimensiones y características de cada plaquita 5 y de las charnelas 20, 21, y sobre

5 todo  $l_1$ ,  $l_2$ ,  $d$ , su espesor y su módulo de elasticidad, para que cada plaquita 5 presente efectivamente una forma curvada (conjunto de tejas) en el estado de despliegue de la estructura 1. Se elige preferiblemente una longitud  $l_2$  del orden de la distancia  $d$  que separa las dos uniones interplaquitas 18 ( $l_2 \approx d$ ). En un modo de realización no representado,  $l_2$  puede ser del mismo orden como la anchura  $L$  de la plaquita 5 tomada según la dirección 24 que pasa por las uniones interplaquitas 18 ( $l_2 \approx L$ ). En el modo de realización representado,  $l_2 < L$  y  $l_2 \approx d$ .

10 **[0050]** Sea como fuere, en general no interesa que la longitud  $l_2$  de las charnelas interpisos externas 21 sea superior a la anchura  $L$  de las plaquitas 5 tomada según la dirección 24 que pasa por las dos uniones interplaquitas 18. En consecuencia, en un mástil según la invención, es preferible que  $l_2 \leq L$ . Así, la anchura  $L$  de una plaquita 5 tomada según la dirección 24 que pasa por las dos uniones interplaquitas 18 es superior o igual a la longitud axial  $l_1$ ,  $l_2$  de cada charnela interpisos 20, 21. De todas formas, debe tenerse que  $N \times l_2 \leq 2\pi R_e$ , siendo  $R_e$  el radio del cilindro teórico que circunscribe a las plaquitas en el estado de repliegue.

15 **[0051]** La distancia  $h_2$  que separa la dirección teórica 24 que une las uniones interplaquitas 18 de la charnela interpisos externa 21 de una plaquita 5 determina la dimensión radial externa de la estructura 1 en el estado de repliegue y, para una misma longitud axial de la estructura 1 en el estado de despliegue, la altura total de esta estructura 1 en el estado de repliegue. Cuanto mayor sea  $h_2$ , tanto mayor será la dimensión radial externa de la estructura 1 en el estado de repliegue (es decir, el radio  $R_e$ ), y tanto menor será su altura en el estado de repliegue. Así,  $h_2$  determina las dimensiones generales del receptáculo 7.

20 **[0052]** Preferiblemente se elige que  $h_1 = h_2$ , es decir, que la dirección teórica 24 que pasa por las uniones interplaquitas 18 esté a media distancia de las dos charnelas interpisos 20, 21. En efecto, esta geometría permite conferirle al receptáculo 7 unas dimensiones exteriores compactas que presentan un mínimo factor de forma (con respecto a su dimensión más grande y a su dimensión más pequeña).

25 **[0053]** Preferiblemente, el último piso distal de la estructura 1 que forma su extremo distal 16 es un piso 2 del primer tipo, pero para el cual  $h_2 = 0$ , es decir que se termina al nivel de las uniones interplaquitas 18, donde está cerrado por la tapa 17.

30 **[0054]** Por otro lado, las lengüetas elásticas 11 del receptáculo 7 que frenan y guían el despliegue de la estructura 1 al tener lugar el inflamamiento para que así este despliegue sea progresivo, se extienden radialmente abarcando una distancia tal que sus extremos internos radiales libres dejan una abertura de radio inferior al radio  $R_e$  que determina la dimensión radial externa de la estructura 1 en el estado de repliegue y superior al radio  $R_i$  que determina la dimensión radial interna de la estructura 1 en el estado de repliegue.

35 **[0055]** Un mástil desplegable según la invención presenta en combinación las ventajas de ser particularmente sencillo, poco costoso, de despliegue fácil y fiable, de pequeña masa, de pequeñas dimensiones exteriores en el estado de repliegue, de presentar unas dimensiones y una forma determinadas con precisión y excelentes propiedades mecánicas de resistencia a la flexión y al pandeo, y de poder ser realizado de manera compatible con su embarque en un sistema espacial.

40 **[0056]** La invención puede ser objeto de numerosas variantes de realización con respecto a los modos de realización preferenciales que están representados en las figuras y han sido descritos anteriormente. En particular, es posible prever que la estructura se extienda en el interior de un tubo de inflamamiento; que las distintas plaquitas estén hechas no de partes de placas macizas, sino de varias piezas unidas rigidamente unas a otras, como por ejemplo bandas, varillas, barras, etc.



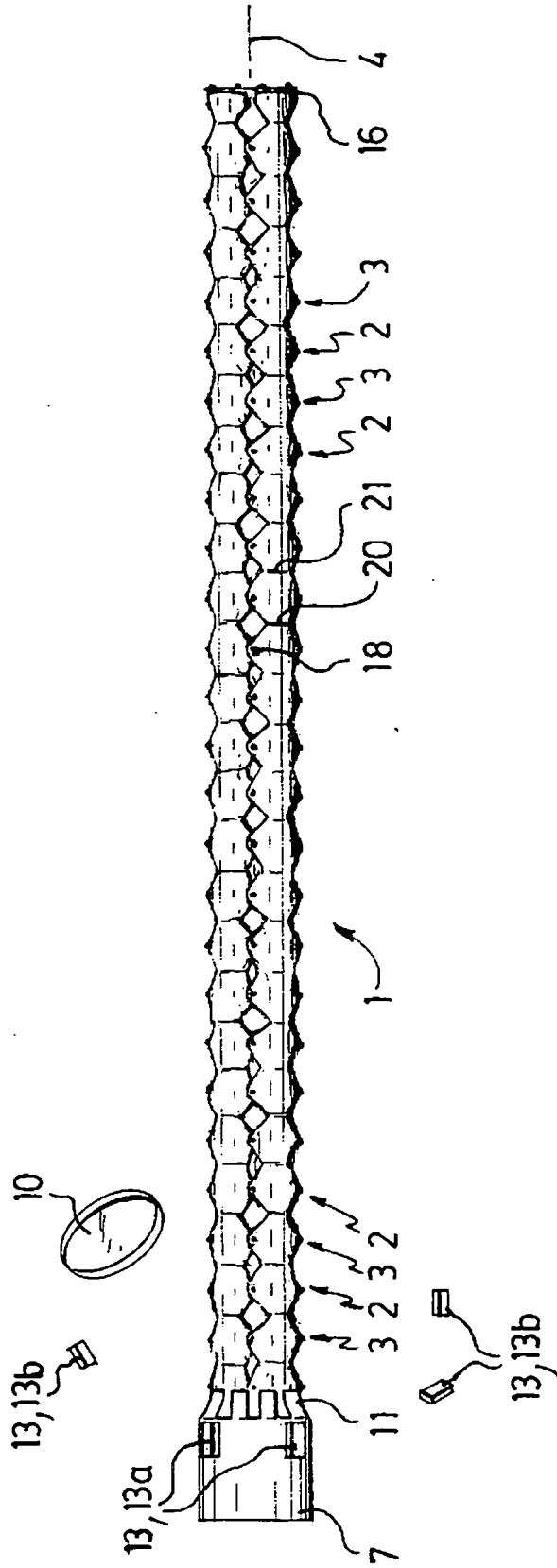
**REIVINDICACIONES**

1. Mástil que es desplegable según un eje (4) de despliegue longitudinal y comprende:
  - una estructura (1) formada por una sucesión de pisos (2, 3) unidos mediante articulación unos a otros dos a dos en prolongación unos de otros según el eje de despliegue, estando dicha estructura (1) adaptada para poder ser puesta ya sea en un estado de repliegue en el que los pisos (2, 3) están replegados unos sobre los otros longitudinalmente y ocupan un espacio axial mínimo, o bien en un estado de despliegue en el que dichos pisos definen una forma predeterminada,
  - un dispositivo que da la orden de disparo del despliegue y está asociado a dicha estructura (1) para así poder permitir su despliegue longitudinal para pasar al estado de despliegue a partir del estado de repliegue,
  - estando los pisos (2, 3) unidos mediante articulación unos a otros por medio de charnelas, estando cada charnela contenida en un plano transversal ortogonal al eje de despliegue, para que así en el estado de repliegue la estructura (1) esté replegada a la manera de un acordeón,
  - comprendiendo cada piso de la estructura (1) al menos tres plaquitas (5) que están unidas mediante articulación dos a dos, extendiéndose cada piso de la estructura en torno al eje de despliegue (4), **caracterizado por el hecho de que:**
    - cada plaquita (5) presenta en reposo una forma general curva,
    - las plaquitas (5) de cada piso (2, 3) de la estructura (1) y las uniones (18, 20, 21) que constituyen las uniones mediante articulación de las plaquitas (5) entre sí y entre los pisos (2, 3) están adaptadas para que, en el estado de despliegue de la estructura (1):
      - cada plaquita (5) presente una sección transversal recta de forma curva en torno al eje de despliegue (4),
      - debido a su geometría y a su unión, la estructura (1) adopte una forma estable rígida a la compresión axial, con un efecto de bloqueo de pandeo que impida todo repliegue intempestivo de las plaquitas (5) y de los pisos (2, 3) unos con respecto a otros según el eje de despliegue.
2. Mástil según la reivindicación 1, **caracterizado por el hecho de que** cada plaquita (5) es de una sola pieza y rígida a la flexión según una dirección longitudinal contenida en un plano longitudinal que pasa por el eje de despliegue (4), pero flexible según una dirección que recibe el nombre de dirección transversal y es ortogonal a la dirección longitudinal, y **de que** la forma en reposo de cada plaquita está adaptada para que, en el estado de repliegue, cada plaquita esté deformada elásticamente por flexión con esfuerzos elásticos de flexión aptos para al menos iniciar el despliegue de la estructura (1) a partir del estado de repliegue.
3. Mástil según la reivindicación 2, **caracterizado por el hecho de que** la forma en reposo de cada plaquita está adaptada para que, en el estado de despliegue, cada plaquita presente una forma que corresponda ya sea a su forma en reposo, o bien a una forma en la cual la misma está deformada elásticamente por flexión con esfuerzos elásticos de deformación por flexión inferiores a los esfuerzos elásticos de flexión de la plaquita en el estado de repliegue.
4. Mástil según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por el hecho de que** las plaquitas (5) están aplanadas en el estado de repliegue.
5. Mástil según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por el hecho de que** los distintos pisos (2, 3) comprenden todos ellos un mismo número de plaquitas (5) de iguales dimensiones.
6. Mástil según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por el hecho de que** cada piso de la estructura (1) se extiende en forma general de corona en torno al eje de despliegue (4), extendiéndose la estructura (1) en torno al eje de despliegue (4), y **de que** cada plaquita (5) presenta en reposo una forma curvada en forma de parte de cilindro de eje longitudinal paralelo al eje de despliegue (4) y de convexidad orientada hacia el exterior.
7. Mástil según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado por el hecho de que** las plaquitas (5) de cada piso (2, 3) están adaptadas para que el piso presente, en el estado de despliegue, una sección de forma globalmente simétrica de revolución en torno al eje de despliegue (4), presentando la estructura (1) asimismo en el estado de despliegue una forma general simétrica de revolución en torno al eje de despliegue (4).
8. Mástil según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado por el hecho de que** las plaquitas (5) presentan una anchura variable de un piso del otro, presentando la estructura (1) una forma general no cilíndrica en el estado de despliegue.
9. Mástil según una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado por el hecho de que** dos plaquitas (5) adyacentes de un mismo piso están unidas mediante articulación una a la otra por medio de una unión pivote, llamada unión interplaquitas (18) de eje (19) contenido en un plano que contiene al eje de despliegue (4).
10. Mástil según una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado por el hecho de que** cada plaquita (5) de un piso (2, 3) está unida mediante articulación a una plaquita (5) de cada piso adyacente por medio de una charnela que

recibe el nombre de charnela interpisos (20, 21) y forma una unión pivote de eje (22, 23) ortogonal al eje de despliegue, estando cada charnela interpisos adaptada para poder experimentar una flexión elástica que corresponde a la de las plaquitas (5) que la misma une a lo largo del despliegue.

- 5 11. Mástil según las reivindicaciones 9 y 10, **caracterizado por el hecho de que** las uniones interplaquitas (18) de un mismo piso están interpuestas entre dos charnelas interpisos (20, 21), una (20) interna y la otra (21) externa en el estado de repliegue.
- 10 12. Mástil según la reivindicación 11, **caracterizado por el hecho de que** la anchura (L) de cada plaquita (5) tomada según la dirección teórica (24) que pasa por las dos uniones interplaquitas (18) de esta plaquita (5) es superior o igual a la longitud axial ( $l_1$ ,  $l_2$ ) de cada charnela interpisos (20, 21) de esta plaquita (5).
- 15 13. Mástil según una de las reivindicaciones 10 a 12, **caracterizado por el hecho de que** cada charnela interpisos (20, 21) está hecha de una charnela seleccionada de entre los miembros del grupo que consta de las charnelas del tipo de las de película flexible, las charnelas del tipo de las de puente flexible, las charnelas del tipo plano y las charnelas formadas por al menos dos goznes.
- 20 14. Mástil según la reivindicación 9 y una de las reivindicaciones 1 a 13, **caracterizado por el hecho de que** el eje (19) de cada unión interplaquitas (18) es al menos sensiblemente normal a cada plaquita (5) unida por esta unión (18).
- 25 15. Mástil según una de las reivindicaciones 1 a 14, **caracterizado por el hecho de que** comprende un receptáculo (7) que es apto para contener la estructura (1) en el estado de repliegue y presenta un extremo distal que forma una abertura a través de la cual la estructura (1) puede ser desplegada longitudinalmente, y **de que** el extremo distal del receptáculo (7) está provisto de lengüetas flexibles (11) que se extienden radialmente hacia el interior y cooperan con los pliegues de la estructura (1) para así guiar y frenar su despliegue.

Fig 1



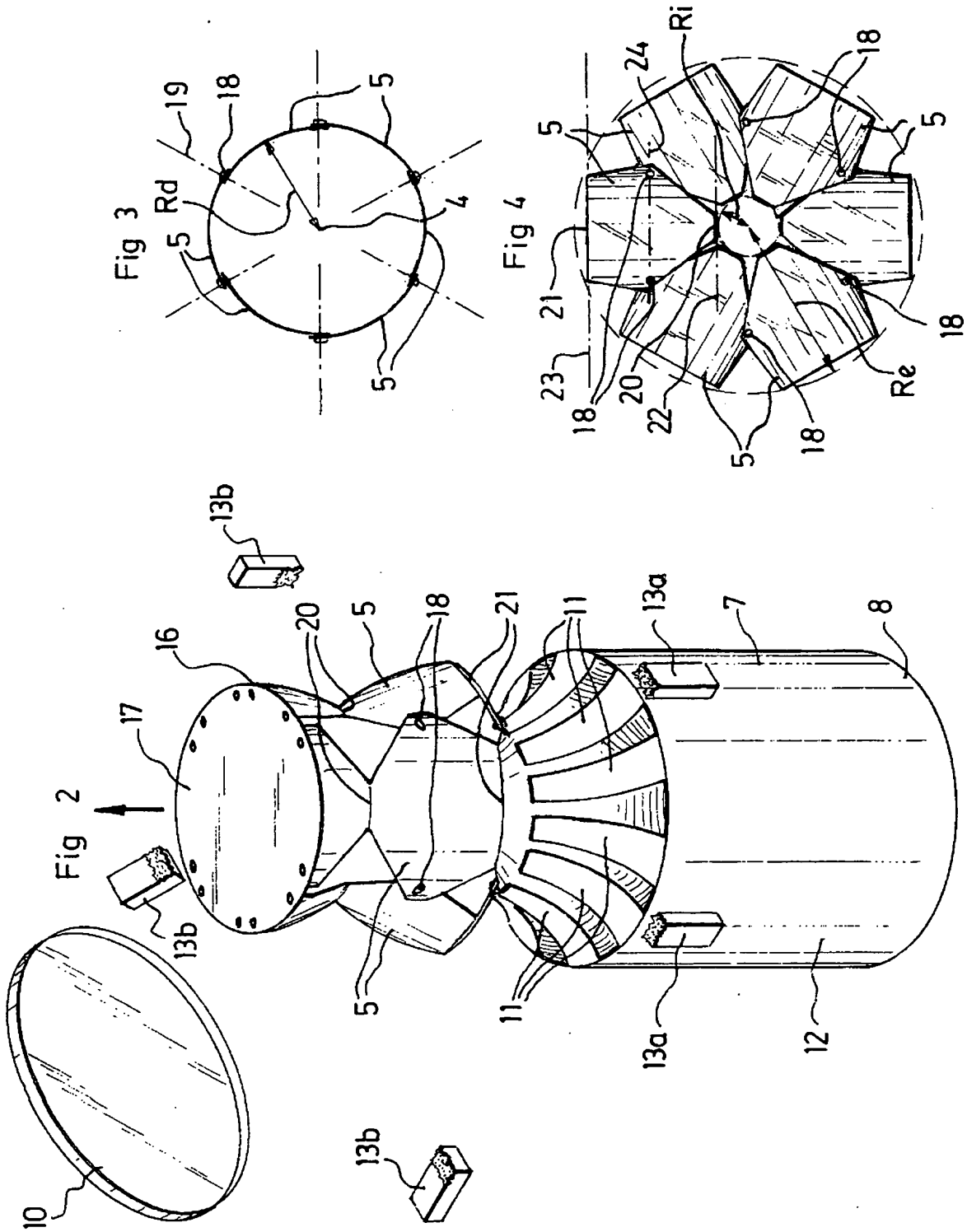


Fig 5

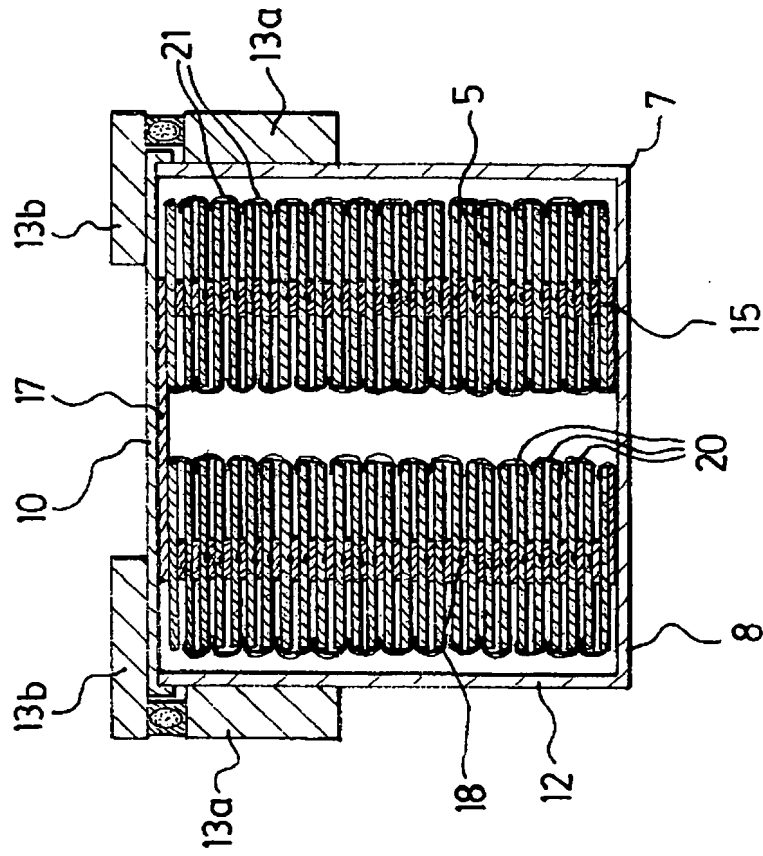


Fig 6

