

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 641 735**

51 Int. Cl.:

**G21C 3/356** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.12.2007 PCT/FR2007/002098**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.07.2008 WO08090289**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.12.2007 E 07872385 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.08.2017 EP 2126927**

54 Título: **Rejilla-separadora con elementos de apoyo en forma de silla de montar y conjunto de combustible nuclear provisto de tal rejilla**

30 Prioridad:

**26.12.2006 FR 0611381**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**13.11.2017**

73 Titular/es:

**AREVA NP (100.0%)  
Tour AREVA, 1 Place Jean Millier  
92400 Courbevoie, FR**

72 Inventor/es:

**D'USTON DE VILLEREGLAN, BÉRENGER;  
BOIS, CLAUDE;  
BONNAMOUR, BRUNO y  
BONNAMOUR, MICHEL**

74 Agente/Representante:

**SALVA FERRER, Joan**

**ES 2 641 735 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

Rejilla-separadora con elementos de apoyo en forma de silla de montar y conjunto de combustible nuclear provisto de tal rejilla

5

**[0001]** La invención se refiere a una rejilla-separadora para conjunto de combustible nuclear para reactor de agua ligera, comprendiendo el conjunto de combustible nuclear unas varillas de combustible nuclear que se extienden a lo largo de una dirección longitudinal, siendo la rejilla-separadora del tipo que delimita una red casi regular de células de recepción de las varillas de combustible nuclear, estando rodeada cada célula por un cinturón periférico de paredes y que tiene un eje longitudinal central destinado a estar casi combinado con el eje de una varilla de combustible nuclear destinada a ser recibida en la célula, comprendiendo la rejilla-separadora además unos elementos de apoyo que sobresalen desde el cinturón periférico de paredes al interior de las células, comprendiendo los elementos de apoyo unas partes de contacto en la que unas superficies orientadas hacia el interior de las células están destinadas a entrar en contacto con unas varillas de combustible nuclear, teniendo la superficie interior de al menos un elemento de apoyo antes de la irradiación una forma cóncava en un plano transversal a la dirección longitudinal.

10

**[0002]** Los reactores nucleares refrigerados por agua ligera y, en particular, los reactores nucleares refrigerados por agua a presión, utilizan unos conjuntos de combustible nuclear que constan de unas varillas de combustible que se extienden a lo largo de una dirección longitudinal y que son mantenidas en un haz por un armazón. Cada varilla consta de una funda en la que están apiladas unas pastillas de combustible nuclear.

20

**[0003]** El armazón de un conjunto de combustible nuclear consta en particular de una pluralidad de rejillas-separadoras distribuidas según la longitud del haz de varillas.

25

**[0004]** Las rejillas-separadoras garantizan el mantenimiento transversal de las varillas y constan cada una de un conjunto de células yuxtapuestas y dispuestas según una red casi regular, generalmente con malla cuadrada. Las células tienen en sí una sección de forma cuadrada en un plano transversal de la rejilla-separadora.

30

**[0005]** Cada una de las células está delimitada y separada de las células vecinas por un cinturón periférico de paredes que tienen la forma de la superficie lateral de un paralelepípedo de base cuadrada.

**[0006]** Las células de la rejilla-separadora están abiertas en sus dos extremos longitudinales para poder recibir una varilla en una disposición generalmente central, disposición en la que el eje de la varilla está colocado según el eje de la célula.

35

**[0007]** Además, las varillas de combustible nuclear presentan un diámetro casi inferior al lado de las células, de modo que subsista un espacio libre alrededor de cada varilla, entre la superficie externa de la varilla y la pared periférica de la célula en la que la varilla está encajada longitudinalmente.

40

**[0008]** La rejilla-separadora consta, en cada una de las células destinadas a recibir una varilla de combustible, de unos elementos de apoyo destinados a entrar en contacto con la superficie externa de la varilla de combustible correspondiente. Los elementos de apoyo garantizan el mantenimiento de la varilla en las direcciones transversales perpendiculares al eje de la varilla y de la célula y en la dirección longitudinal, a la vez que se autorizan unos desplazamientos limitados de la varilla longitudinalmente, por ejemplo bajo el efecto de la dilatación en el interior del núcleo del reactor nuclear.

45

**[0009]** Los elementos de apoyo comprenden unas tinas rígidas y/o unas tinas elásticas y/o unos resortes.

50

**[0010]** Estos elementos sobresalen en el interior de las células a las que están asociados y se realizan por recorte y repujado de los cinturones periféricos de paredes, incorporados y fijados sobre estos últimos.

**[0011]** Se conocen unos elementos de apoyo que están orientados longitudinalmente, como se describe por ejemplo en el documento US-5 793 832, transversalmente, como se describe en el documento US-5 183 629, o incluso de manera oblicua, como se describe por ejemplo en los documentos US-4 803 043, US 4 923 669 y FR 2 837 975.

55

**[0012]** Cada elemento de apoyo entra en contacto con la superficie externa de la varilla de combustible correspondiente por medio de una superficie de una parte de contacto, estando esta superficie orientada hacia el

interior de la célula considerada.

**[0013]** Esta superficie interior es generalmente plana de modo que el contacto con la varilla de combustible nuclear es teóricamente un contacto cilindro/plano.

5

**[0014]** Durante el funcionamiento del reactor nuclear, el agua de refrigeración, que circula con una velocidad ascendente importante en el núcleo, provoca unos movimientos oscilatorios de reducida amplitud de las varillas de combustible nuclear en el interior de las rejillas-separadoras. Este fenómeno llamado «fretting» va a conducir a unas fricciones entre las varillas de combustible nuclear y las partes de contacto que pueden conducir a un desgaste de las fundas de las varillas de combustible nuclear. Este desgaste podría conllevar una perforación de las fundas de las varillas de combustible y, por tanto, una liberación de gas y de materias radioactivas en el agua del circuito primario que puede conducir a la parada del reactor para la descarga prematura de los conjuntos de combustible que constan de unas varillas defectuosas.

10

**[0015]** A fin de reducir estos riesgos, el documento US-5 243 635 ha descrito una rejilla del tipo precitado. Las superficies interiores de las partes de contacto de los elementos de apoyo presentan una concavidad transversal del mismo radio de curvatura que las superficies externas de las varillas. Esta concavidad transversal permite envolver la superficie externa de las fundas de las varillas de combustible nuclear y, así, aumentar el área de las zonas de contacto efectivo con las varillas y, por tanto, reducir los riesgos de deterioro de las fundas por fretting.

20

**[0016]** No obstante, las distancias con respecto a las dimensiones y a las posiciones nominales que aparecen necesariamente en las rejillas-separadoras fabricadas, debido a las tolerancias de fabricación, conducen a unas modificaciones de las posiciones relativas de las partes de contacto con respecto a las superficies externas de las varillas de combustible nuclear. El contacto puede establecerse así de manera incontrolada, por ejemplo a través de los bordes inferior, superior o laterales de la zona de contacto, en particular cuando la superficie de la parte de contacto no es tangente a la superficie de la varilla de combustible lo que puede conducir a un deterioro rápido de las fundas de las varillas por fretting.

25

**[0017]** Un objetivo de la invención es resolver este problema proporcionando una rejilla-separadora del tipo precitado que permite limitar los riesgos de deterioro de las varillas de combustible nuclear por fretting y cuya eficacia sea menos sensible a las tolerancias de fabricación de la rejilla-separadora y de la varilla de combustible.

30

**[0018]** A tal efecto, la invención tiene como objeto una rejilla-separadora según la reivindicación 1.

35

**[0019]** Según unos modos particulares de realización, la rejilla-separadora puede comprender una o varias de las características de las reivindicaciones de 2 a 6.

**[0020]** La invención tiene igualmente como objeto un conjunto de combustible nuclear para reactor con agua ligera según la reivindicación 7.

40

**[0021]** Según unos modos particulares de realización, el conjunto puede comprender una o varias de las características de las reivindicaciones de 8 a 11.

**[0022]** Otras características y ventajas de la invención se mostrarán a partir de la descripción detallada que se da a continuación, a título indicativo y en absoluto limitativo, en referencia a las figuras anexas, entre las que:

45

- la figura 1 es una vista en elevación de un conjunto de combustible nuclear de un reactor nuclear refrigerado por agua a presión,

- la figura 2 es una vista esquemática, parcial y en planta de una rejilla-separadora del conjunto de combustible nuclear de la figura 1 realizada según la técnica anterior,

50

- la figura 3 es una vista esquemática en perspectiva de una célula de una rejilla-separadora según la invención antes de la irradiación,

- la figura 4 es una vista esquemática, parcial y desde arriba, que ilustra el contacto entre un elemento de apoyo de la célula de la rejilla-separadora de la figura 3 con una varilla de combustible nuclear, y

55

- la figura 5 es una vista esquemática, parcial y en sección longitudinal y radial tomada según la línea V-V de la figura 4.

**[0023]** En la figura 1, se ha representado un conjunto de combustible nuclear 1 para un reactor nuclear refrigerado por agua a presión.

- [0024]** El conjunto de combustible nuclear 1 comprende un haz de varillas de combustible nuclear 2 que se extiende a lo largo de una dirección longitudinal L. Cada varilla 2 comprende clásicamente una funda metálica en la que se apilan unas pastillas de combustible nuclear. La funda está cerrada en sus extremos longitudinales por unos 5 tapones.
- [0025]** Las varillas de combustible nuclear 2 se mantienen en haz por un armazón que consta de:
- una pluralidad de rejillas-separadoras 3 distribuidas según la dirección longitudinal L,
  - 10 - unos tubos-guías 4 que están colocados en el interior del haz de varillas de combustible nuclear 2 y ensamblados con las rejillas-separadoras 3,
  - una boquilla superior 5a, y
  - una boquilla inferior 5b.
- 15 **[0026]** las boquillas 5a y 5b están fijadas rígidamente en los extremos de los tubos-guías 4 cuya longitud es superior a la de las varillas de combustible nuclear 2.
- [0027]** Las rejillas-separadoras 3 garantizan el mantenimiento transversal y longitudinal de las varillas de combustible nuclear 2 y constan, como se ve en la figura 2, de las células 6 de sección cuadrada dispuestas según 20 una red regular de malla cuadrada. Cada célula 6 consta de un cinturón periférico de paredes 7. El cinturón 7 tiene una forma paralelepédica de base cuadrada abierta en sus dos extremos en la dirección del eje 6' de la célula 6. Este eje 6' es perpendicular al plano de la figura 2, orientado longitudinalmente y pasa por el centro de la sección cuadrada de la célula 6.
- 25 **[0028]** Los cinturones periféricos 7 de las células 6 de la rejilla-separadora 3 están constituidos por unas plaquitas entrecruzadas con ángulo recto que constituyen dos familias de plaquitas 8a y 8b paralelas entre sí.
- [0029]** Las plaquitas 8a y 8b de las dos familias de plaquitas están recortadas en unos flejes metálicos, por ejemplo una aleación de circonio, y constan, a unas distancias correspondientes a los lados de las células 6, de 30 unas ranuras a media altura que permiten su ensamblaje por acoplamiento mutuo en unas disposiciones a 90°, como se representa en la figura 2.
- [0030]** Las plaquitas 8a y 8b ensambladas se sueldan a continuación según las líneas de ensamblaje que constituyen las aristas de las células 6 de la rejilla-separadora. Previamente a su ensamblaje, las plaquitas 8a y 8b 35 se recortan y embuten para constituir unas tinas 9 en saliente en el interior de las células 6.
- [0031]** Las plaquitas 8a y 8b constan igualmente de unas aperturas que se recortan a intervalo regular, de manera que se garantice el montaje y la fijación de resortes 10 que sobresalen igualmente hacia el interior de las células 6. Cada cinturón periférico 7 consta de dos paredes adyacentes a 90°, sobre cada una de las que se realizan 40 por recorte y repujado del metal de las plaquitas, dos tinas 9 espaciadas en la dirección axial de la célula. Las otras dos paredes del cinturón 7, que son adyacentes y a 90° una de otra, reciben unos resortes 10.
- [0032]** De esta manera, seis puntos de contacto están previstos en el interior de cada una de las células 6 para una varilla de combustible nuclear 2 introducida según la dirección del eje 6' en una posición casi centrada en 45 el interior de la célula 6.
- [0033]** El diámetro exterior de la varilla de combustible nuclear 2 es inferior a la longitud del lado de una célula 6, de tal modo que un espacio libre 11 se proporciona alrededor de la superficie externa cilíndrica de la varilla 2, en el interior del cinturón periférico 7 de la célula 6 en la que la varilla se mantiene en posición casi centrada por 50 las tinas 9 y los resortes 10.
- [0034]** Se ve en la figura 2 que las plaquitas 8a y 8b que constituyen la rejilla-separadora 3 están recortadas según sus bordes superiores para constituir unas aletas de agitación 12 del agua de refrigeración que circula en el interior de las células 6, en contacto con la superficie externa de las varillas de combustible nuclear 2.
- 55 **[0035]** Las aletas de agitación 12 se repliegan hacia el interior de las células 6, de manera que se dirija el agua de refrigeración a la salida de cada una de las células 6 hacia una célula 6 vecina. Se obtiene así un efecto de agitación del agua que circula en contacto con cada una de las varillas de combustible nuclear 2 en la dirección longitudinal.

**[0036]** En la figura 3, se ha representado una célula 6 de una rejilla-separadora 3 según la invención que se puede utilizar en sustitución de una rejilla-separadora según la técnica anterior tal como se representa en la figura 2.

5 **[0037]** De manera general, la rejilla-separadora 3 de la figura 3 se realiza de una manera análoga a la rejilla-separadora 3 de la figura 2, es decir a partir de plaquitas metálicas 8a y 8b que están ensambladas y fijadas por soldadura en ángulos rectos para constituir una red de células 6 de sección cuadrada delimitadas cada una por un cinturón periférico 7 de paredes. El cinturón 7 tiene una forma paralelepípedica de base cuadrada y sus paredes están constituidas por unas porciones de plaquitas 8a y 8b ensambladas entre sí con ángulos rectos.

10

**[0038]** La rejilla-separadora 3 de la figura 3 es más precisamente una rejilla semejante a la descrita en el documento FR-2 837 975 y su correspondiente US- 2005/226 358, estando las diferencias con la rejilla-separadora de estos documentos destacadas no obstante en el resto de la descripción.

15 **[0039]** Teniendo todas las células 6 de la rejilla-separadora 3 unas estructuras análogas, a excepción eventualmente de las células 6 de la rejilla-separadora 3 de la capa periférica exterior, solo la estructura de la célula 6 representada en la figura 3 se describirá posteriormente.

**[0040]** El cinturón periférico 7 de la célula 6 comprende dos paredes opuestas 14a y dos paredes opuestas 20 14b que tienen unas formas análogas, salvo en lo que se refiere a la orientación de las tinas 15a y 15b y de los elementos de apoyo 16a, 16b, 16'a y 16'b que se han realizado por recorte y repujado de las paredes 14a y 14b.

**[0041]** Solo la estructura de la pared 14a situada a la izquierda en la figura 3 se va a describir posteriormente.

25 **[0042]** Dos elementos de apoyo 16a y 16'a se han realizado uno por encima del otro por recorte y repujado del metal de la pared 14a. El elemento de apoyo 16a inferior sobresale hacia el interior de la célula 6 considerada y el elemento de apoyo 16'a sobresale en el interior de una célula 6 adyacente. A excepción de sus orientaciones, estos elementos de apoyo 16a y 16'a tienen unas estructuras análogas y solo la del elemento de apoyo 16a inferior se describirá en lo sucesivo.

30

**[0043]** El elemento de apoyo 16a comprende un tramo 18a de conexión al resto de la pared 14a y una parte terminal de contacto 20a de altura H a lo largo de la dirección longitudinal.

**[0044]** El tramo de conexión 18a está plegado con respecto al resto de la pared 14a hacia el interior de la 35 célula 6 y la parte de contacto 20a está plegada hacia arriba con respecto al tramo de conexión 18a.

**[0045]** El tramo de conexión 18a se ha recortado de manera oblicua con respecto al eje 6' en la pared 14a y está por tanto plegado con respecto a esta última a lo largo de una línea P inclinada con respecto a este eje 6' de un ángulo de aproximadamente 30°. Más generalmente, esta inclinación puede estar en valor absoluto estrictamente 40 superior a 0° y estrictamente inferior a 90°.

**[0046]** El tramo de conexión 18a forma por tanto una lámina helicoidal casi centrada en el eje 6'. Los tramos 18a y 18b de elementos de apoyo 16a y 16b previstos en unas paredes 14a y 14b adyacentes están dispuestos en la prolongación uno de otro de manera que se produzca un enrollamiento del flujo del agua de refrigeración 45 alrededor de la varilla 2 en el interior de la célula 6. Como en los documentos FR-2 837 975 y US- 2005/226 358 precitados, los sentidos de enrollamiento del flujo de agua en dos células 6 adyacentes son opuestos.

**[0047]** La parte de contacto 20a se apoya en la varilla de combustible nuclear 2 correspondiente por medio de su superficie 24a orientada hacia el interior de la célula 6. La sección transversal de esta superficie es visible en 50 la figura 4.

**[0048]** Como se ve en la figura 4, la superficie interior 24a tiene antes de la irradiación, en un plano transversal, es decir ortogonal al eje central 6' de la célula 6, una forma cóncava. Más precisamente, se trata de una forma en arco de círculo.

55

**[0049]** Contrariamente al estado de la técnica, la concavidad transversal de la superficie interior 24a es más reducida que la convexidad transversal de la superficie externa de la varilla de combustible 2 en la que se apoya la superficie interior 24a. En otros términos, el radio de curvatura transversal R2 de la superficie 24a, es decir según el plano de la figura 4, es estrictamente superior al radio de curvatura transversal R1 de la superficie externa de la

varilla de combustible nuclear 2 correspondiente. Se observará que en las figuras 4 y 5, la superficie externa de la varilla 2 se representa en líneas de trazos.

**[0050]** De forma típica, el radio de curvatura transversal R1 de la superficie externa de la varilla de combustible nuclear 2, con respecto al eje central 6', es de aproximadamente 4,75 mm para un conjunto de combustible 1 para reactor de agua presurizada que comprende 17x17 células 6 por rejilla-separadora 3 y el radio de curvatura transversal R2 de la superficie interior 24a es por ejemplo de aproximadamente 6 mm.

**[0051]** Más generalmente, R2 es estrictamente superior a  $1,05 \times R1$ , incluso estrictamente superior a  $1,15 \times R1$ , preferencialmente estrictamente superior a  $1,25 \times R1$ .

**[0052]** Así, la superficie interior 24a va a apoyarse de hecho sobre la superficie externa de la varilla de combustible nuclear 2 correspondiente en una zona 26a de la superficie 24a, siendo esta zona de contacto efectivo 26a casi central y alejada de los bordes laterales 28a de la superficie interior 24a. Los bordes laterales 28a pueden ser redondeados o biselados para no presentar superficie agresiva o arista cortante que pueda entrar en contacto con la funda de la varilla de combustible 2.

**[0053]** Como se ilustra por la figura 5, la superficie interior 24a tiene antes de la irradiación en un plano longitudinal y orientado radialmente con respecto al eje central 6', una forma convexa. Esta convexidad no es visible en la figura 3 por razones de escala de la representación.

**[0054]** En el ejemplo representado, la superficie 24a tiene una forma curva con un radio de curvatura R3 de aproximadamente 23 mm en el plano de la figura 5.

**[0055]** Más generalmente, el radio R3 será inferior a 1.000 mm y, de preferencia, comprendido entre  $H/2$  y  $4H^2$ , siendo H la altura a lo largo de la dirección longitudinal de la superficie interior 24a de la parte terminal 20a del elemento de apoyo.

**[0056]** Así, la zona de contacto efectivo 26a está separada de los bordes superior e inferior 30a de la superficie interior 24a. Los bordes 30a pueden ser redondeados o biselados para no presentar superficie agresiva o arista cortante que pueda entrar en contacto con la funda de la varilla de combustible 2.

**[0057]** La superficie interior 24a con su convexidad transversal y su convexidad longitudinal tiene por tanto una forma de silla de montar.

**[0058]** Esta forma de silla de montar y la diferencia de curvatura transversal entre la superficie interior 24a y la superficie externa de la varilla 2 correspondiente, permiten alejar la zona de contacto efectivo 26a de los bordes laterales 28a y longitudinales 30a de la superficie 24a, de modo que los riesgos de perforación de la funda de la varilla de combustible nuclear 2 por fretting se reducen.

**[0059]** Este alejamiento de la zona de contacto 26a de los bordes laterales 28a y longitudinales 30a se puede obtener con una gran certeza, a pesar de las tolerancias de fabricación y las variaciones dimensionales en servicio de los componentes. Se observará que la superficie 24a conserva su forma en silla de montar y su diferencia de concavidad con las varillas 2, incluso después de una permanencia en reactor y a pesar de las variaciones dimensionales y las deformaciones que genera.

**[0060]** En la práctica, la zona de contacto efectivo 26a es inicialmente puntual después se vuelve muy rápidamente una zona elíptica, por acomodación de la superficie 24a y de la superficie externa de la varilla 2 correspondiente. El área de esta zona elíptica se estabiliza igualmente rápidamente de modo que la cinética de desgaste de la funda de la varilla de combustible nuclear 2 se vuelve muy reducida, incluso nula. Esta disminución muy importante de la cinética de desgaste se debe al hecho de que por una parte el área de la zona de contacto efectivo 26a es mucho más importante que la obtenida gracias a un contacto cilindro/plano o cilindro/cilindro como en el estado de la técnica y por otra parte que el aumento de la profundidad de desgaste genera un aumento sustancial del área de las superficies en contacto.

**[0061]** Además, la forma en silla de montar favorece el buen posicionamiento de la varilla de combustible nuclear 2 en la célula 6 y evita su desplazamiento transversal, comportándose la superficie interior 24a de algún modo como un nido.

**[0062]** Se observará igualmente que la convexidad longitudinal de la superficie 24a permite limitar los riesgos de deterioro de la varilla 2 durante su introducción en la célula 6, por ejemplo por un desplazamiento vertical hacia abajo.

5 **[0063]** En el ejemplo descrito más arriba, la sección longitudinal y radial de la superficie interior 24a, es decir como se ve en la figura 5, es curva. No obstante, es posible en ciertas variantes que esta sección tenga otras formas y conste, por ejemplo, de una parte central rectilínea prolongada por unos extremos que son curvos, incluso que la convexidad sea discontinua. La sección transversal de la superficie interior 24a puede ser igualmente discontinua.

10 **[0064]** En el ejemplo descrito más arriba, los elementos de apoyo 16a y 16b garantizan igualmente la agitación del agua del circuito primario a través de sus tramos 18a y 18b, de modo que no sea necesario prever unas aletas de agitación 12 adicionales. No obstante, se observará que las dos características descritas, a saber la forma de la superficie interior 24a en silla de montar y las diferencias de curvaturas transversales entre la superficie 24a y la superficie externa de una varilla 2, pueden utilizarse en otros tipos de elementos de apoyo y, en particular,  
15 en unos elementos de apoyo que no tienen función de agitación.

**[0065]** Estas dos características pueden utilizarse así en todos los tipos de elementos de apoyo, tanto si se trata de tinas rígidas, elásticas o de resortes, como de su orientación con respecto al eje longitudinal L.

20 **[0066]** Se observará igualmente que estas dos características se pueden utilizar independientemente una de otra en la medida en que permiten ambas limitar los riesgos de deterioro por fretting y disminuir la sensibilidad a las tolerancias de fabricación.

**[0067]** Del mismo modo, estas características, solas o combinadas, se pueden prever solo en ciertos de los  
25 elementos de apoyo, o incluso solo en ciertas rejillas-separadoras. El número y la posición de los elementos de apoyo correspondientes pueden variar igualmente en función de los modos de realización.

**[0068]** Se puede escoger así posicionar tales elementos de apoyo, con las características en cuestión  
30 aisladas o combinadas, en función de las necesidades específicas tales como un riesgo de fretting incrementado o una variabilidad mayor de la fabricación...

**[0069]** Las características descritas más arriba se pueden utilizar en unos conjuntos de combustible nuclear destinados a otros reactores distintos de los reactores de agua a presión, por ejemplo los reactores de agua hirviendo.

35

## REIVINDICACIONES

1. Rejilla-separadora (3) para conjunto (1) de combustible nuclear para reactor de agua ligera, comprendiendo el conjunto de combustible nuclear (1) unas varillas de combustible nuclear (2) que se extienden a lo largo de una dirección longitudinal (L), siendo la rejilla-separadora (3) del tipo que delimita una red casi regular de células (6) de recepción de las varillas de combustible nuclear (2), estando rodeada cada célula (6) por un cinturón periférico (7) de paredes y que tiene un eje longitudinal central (6') destinado a estar casi combinado con el eje de una varilla de combustible nuclear (2) destinada a ser recibida en la célula (6), comprendiendo la rejilla-separadora (3) además unos elementos de apoyo (16a, 16b) que sobresalen desde el cinturón periférico (7) de paredes al interior de las células (6), comprendiendo los elementos de apoyo (16a, 16b) unas partes de contacto (20a, 20b) en la que unas superficies (24a, 24b) orientadas hacia el interior de las células (6) están destinadas a entrar en contacto con unas varillas de combustible nuclear (2), teniendo la superficie interior (24a, 24b) de al menos un elemento de apoyo (16a, 16b) antes de la irradiación una forma cóncava en un plano transversal a la dirección longitudinal (L), comprendiendo dicho elemento de apoyo (16a, 16b) además un tramo (18a, 18b) que forma una lámina helicoidal de agitación del fluido de refrigeración del reactor nuclear, estando dicha lámina helicoidal (18a, 18b) casi centrada en el eje central (6') de la célula correspondiente y que conecta la parte de contacto (20a, 20b) con el cinturón periférico (7) de paredes de la célula (6) correspondiente, constituyendo la parte de contacto (20a, 20b) una parte terminal del elemento de apoyo y estando plegada con respecto a la lámina helicoidal (18a, 18b) que está en sí misma plegada con respecto al cinturón periférico (7) de paredes, extendiéndose la parte de contacto entre un borde inferior (30a) y un borde superior (30a), **caracterizada porque** la superficie interior (24a, 24b) de la parte de contacto (20a, 20b) de dicho elemento de apoyo (16a, 16b) tiene además antes de la irradiación, entre su borde inferior (30a) y su borde superior (30a), una forma convexa y curva en un plano longitudinal orientado radialmente con respecto al eje central (6') de la célula (6) correspondiente.
2. Rejilla-separadora según la reivindicación 1, en la que la superficie interior (24a, 24b) de dicho elemento de apoyo (16a, 16b) tiene antes de la irradiación una forma convexa en un plano longitudinal orientado radialmente con respecto al eje central (6') de la célula (6) con un radio de curvatura longitudinal (R3) inferior a 1.000 mm.
3. Rejilla-separadora según una de las reivindicaciones anteriores, en la que la superficie interior (24a, 24b) de dicho elemento de apoyo (14a, 14b) tiene antes de la irradiación una forma cóncava en un plano transversal a la dirección longitudinal (L) con un radio de curvatura transversal (R2) superior al radio de curvatura transversal (R1) de la superficie externa de las varillas de combustible nuclear (2).
4. Rejilla-separadora según la reivindicación 3, en la que el radio de curvatura transversal (R2) de la superficie interior (24a, 24b) es estrictamente superior a 1,05 veces el radio de curvatura transversal (R1) de la superficie externa de las varillas de combustible nuclear (2).
5. Rejilla-separadora según la reivindicación 4, en la que el radio de curvatura transversal (R2) de la superficie interior (24a, 24b) es estrictamente superior a 1,15 veces el radio de curvatura transversal (R1) de la superficie externa de las varillas de combustible nuclear (2).
6. Rejilla-separadora según la reivindicación 5, en la que el radio de curvatura transversal (R2) de la superficie interior (24a, 24b) es estrictamente superior a 1,25 veces el radio de curvatura transversal (R1) de la superficie externa de las varillas de combustible nuclear (2).
7. Conjunto de combustible nuclear (1) para reactor de agua ligera que comprende unas varillas de combustible nuclear (2) que se extienden a lo largo de una dirección longitudinal (L) y un armazón de mantenimiento de las varillas de combustible nuclear (2), comprendiendo el armazón unas rejillas-separadoras (3), siendo cada rejilla-separadora (3) del tipo que delimita una red casi regular de células (6) de recepción de las varillas de combustible nuclear (2), estando cada célula (6) rodeada por un cinturón periférico (7) de paredes y que tiene un eje longitudinal central (6') casi combinado con el eje de una varilla de combustible nuclear (2) recibida en la célula (6), comprendiendo cada rejilla-separadora (3) además unos elementos de apoyo (16a, 16b) que sobresalen desde el cinturón periférico (7) de paredes al interior de las células (6), comprendiendo los elementos de apoyo (16a, 16b) unas partes de contacto (20a, 20b) en la que unas superficies (24a, 24b) orientadas hacia el interior de las células (6) que se apoyan contra las varillas de combustible nuclear (2), teniendo la superficie interior (24a, 24b) de al menos un elemento de apoyo (16a, 16b) antes de la irradiación una forma cóncava en un plano transversal a la dirección longitudinal (L), comprendiendo dicho elemento de apoyo (16a, 16b) además un tramo (18a, 18b) que forma una lámina helicoidal de agitación del fluido de refrigeración del reactor nuclear, estando dicha lámina



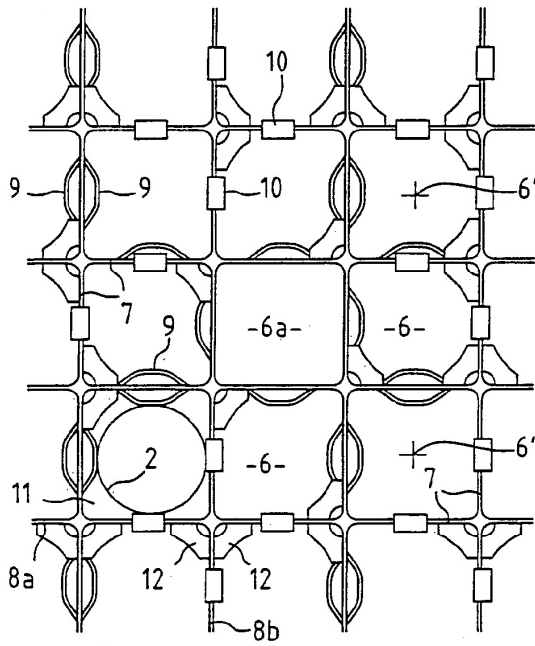
5 helicoidal (18a, 18b) casi centrada en el eje central (6') de la célula correspondiente y que conecta la parte de contacto (20a, 20b) con el cinturón periférico (7) de paredes de la célula (6) correspondiente, constituyendo la parte de contacto (20a, 20b) una parte terminal del elemento de apoyo y estando plegada con respecto a la lámina helicoidal (18a, 18b) que está en sí misma plegada con respecto al cinturón periférico (7) de paredes, extendiéndose la parte de contacto entre un borde inferior (30a) y un borde superior (30a), **caracterizado porque** al menos una rejilla-separadora (3) es una rejilla-separadora según una de las reivindicaciones anteriores.

8. Conjunto según la reivindicación 7, en el que la superficie interior (24a, 24b) de dicho elemento de apoyo (14a, 14b) tiene antes de la irradiación una forma cóncava en un plano transversal a la dirección longitudinal (L) con un radio de curvatura transversal (R2) superior al radio de curvatura transversal (R1) de la superficie externa de la varilla de combustible nuclear (2) recibida en la célula (6) correspondiente.

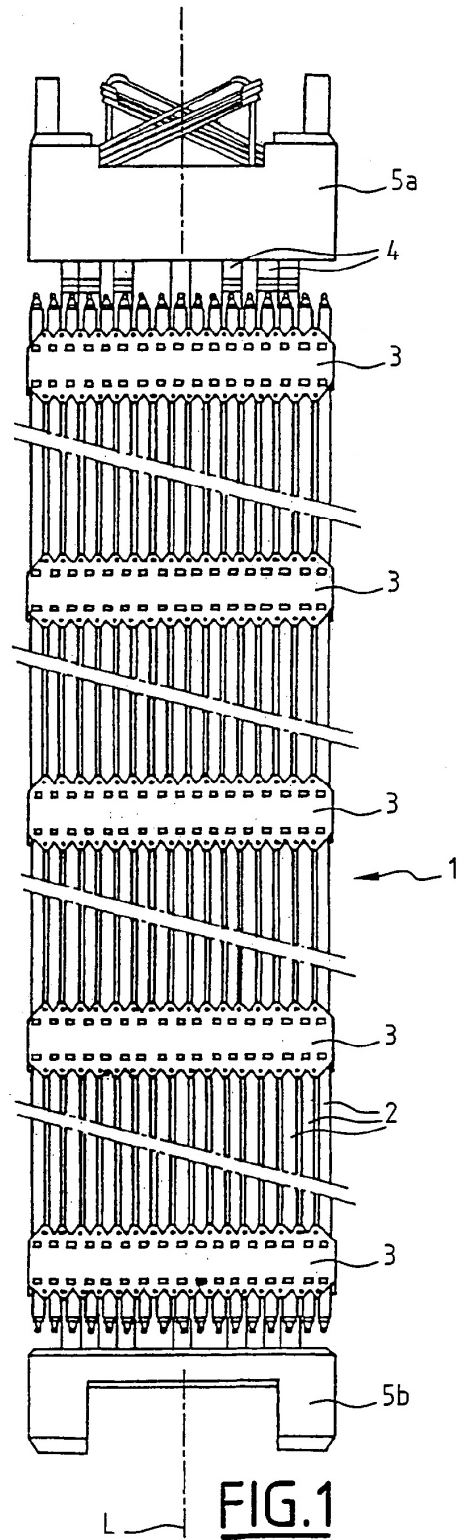
9. Conjunto según la reivindicación 8, en el que el radio de curvatura transversal (R2) de la superficie interior (24a, 24b) es estrictamente superior a 1,05 veces el radio de curvatura transversal (R1) de la superficie externa de la varilla de combustible nuclear (2) recibida en la célula (6) correspondiente.

10. Conjunto según la reivindicación 9, en el que el radio de curvatura transversal (R2) de la superficie interior (24a, 24b) es estrictamente superior a 1,15 veces el radio de curvatura transversal (R1) de la superficie externa de la varilla de combustible nuclear (2) recibida en la célula (6) correspondiente.

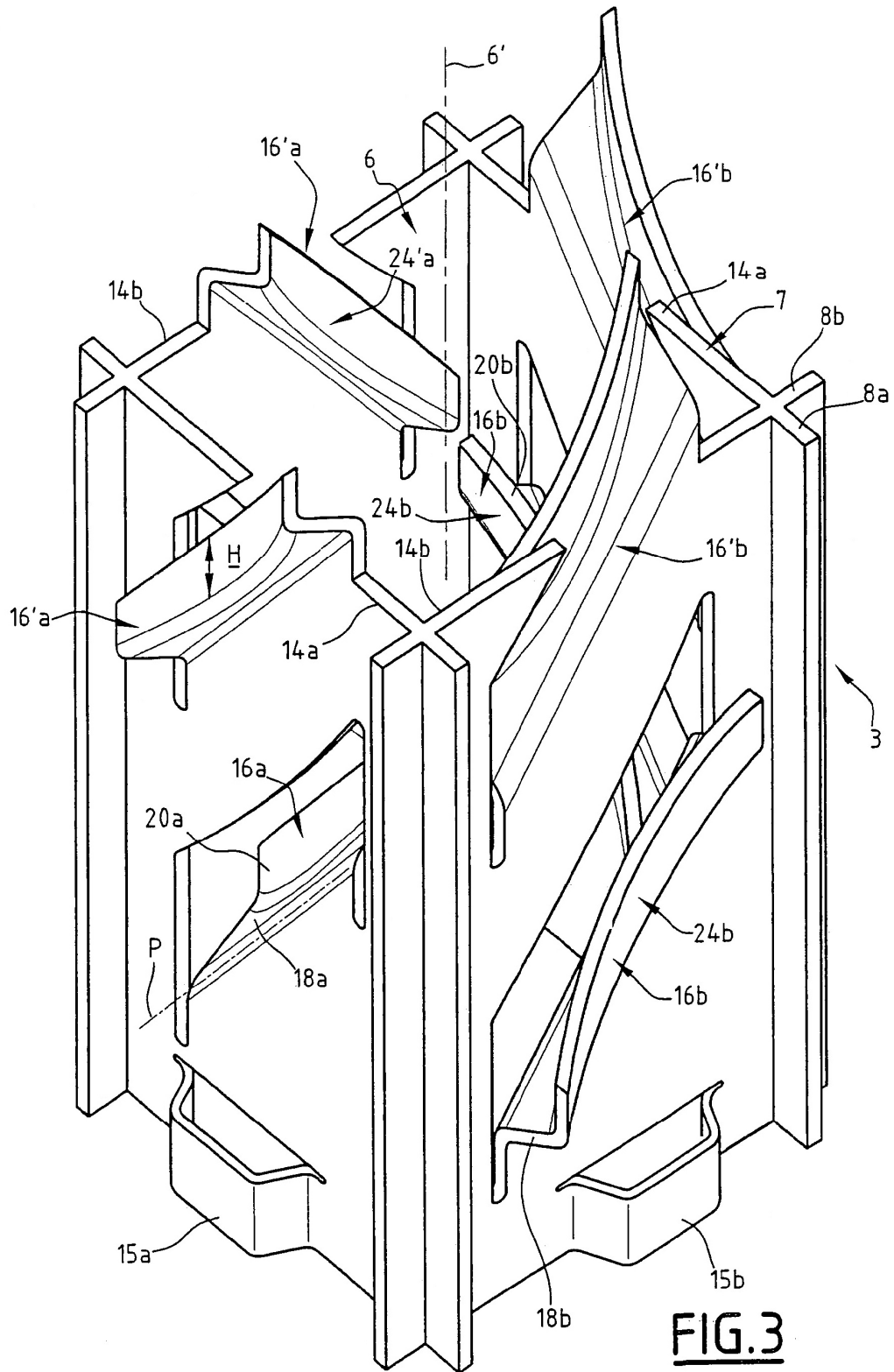
11. Conjunto según la reivindicación 10, en el que el radio de curvatura transversal (R2) de la superficie interior (24a, 24b) es estrictamente superior a 1,25 veces el radio de curvatura transversal (R1) de la superficie externa de la varilla de combustible nuclear (2) recibida en la célula (6) correspondiente.



**FIG. 2**



**FIG. 1**



**FIG. 3**

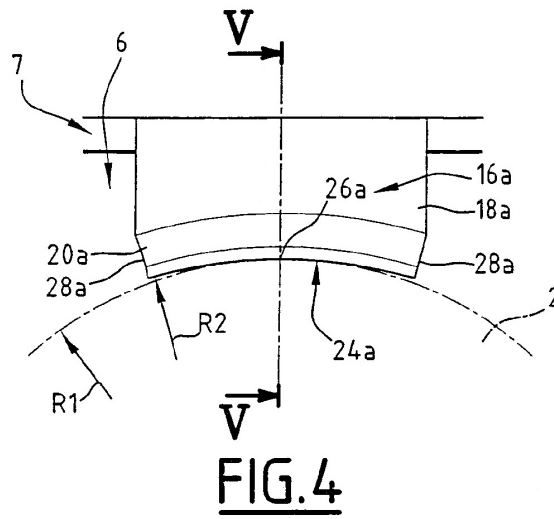


FIG. 4

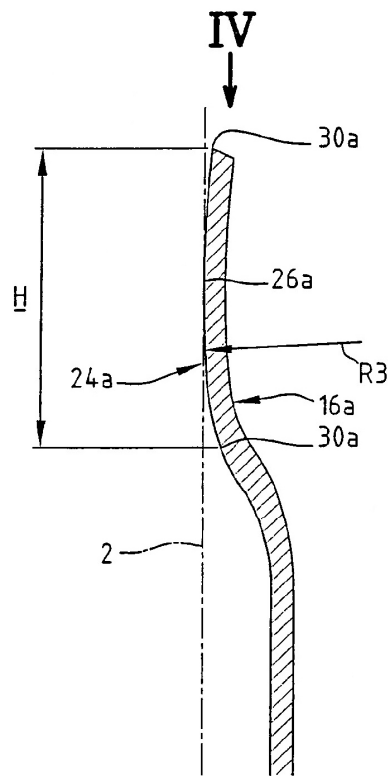


FIG. 5