

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 748 203**

51 Int. Cl.:

**F28F 9/02** (2006.01)

**F28D 9/00** (2006.01)

**F28D 21/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.06.2013 PCT/EP2013/061540**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.12.2013 WO13182584**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.06.2013 E 13726561 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.07.2019 EP 2856060**

54 Título: **Intercambiador de calor de placas para caudales homogéneos de fluido entre canales**

30 Prioridad:

**05.06.2012 FR 1255233**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**13.03.2020**

73 Titular/es:

**SOCIÉTÉ TECHNIQUE POUR L'ENERGIE  
ATOMIQUE (100.0%)**

**Route de Saint-Aubin, Lieudit Les Hautes Rives  
91190 Villiers Le Bacle, FR**

72 Inventor/es:

**CASTANIE, CHRISTOPHE y  
CHARCOSSET, JEAN-YVES**

74 Agente/Representante:

**SALVÀ FERRER, Joan**

ES 2 748 203 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**

Intercambiador de calor de placas para caudales homogéneos de fluido entre canales

- 5 **[0001]** La invención se refiere en general a los intercambiadores de calor de placas.
- [0002]** Más precisamente, la invención se refiere según un primer aspecto a un intercambiador de placas según el preámbulo de la reivindicación 1.
- 10 **[0003]** El documento US 2010/0051248 describe en las figuras 1 y 2 un intercambiador de calor de placas del tipo anterior. Este intercambiador de placas difícilmente puede ser instalado en la vasija de un reactor nuclear, de manera que se fije en voladizo sobre la vasija, al tiempo que permita una circulación de fluido estable y homogénea en los pasos primarios y secundarios.
- 15 **[0004]** El documento FR 2 225 711 A1 describe un intercambiador de placas conformadas. Estas placas se apilan las unas sobre las otras para delimitar grupos entremezclados de conductos en los cuales el primer y el segundo fluido circulan en sentidos opuestos. El intercambiador comprende una abertura de llegada de aire y dos aberturas de salida.
- 20 **[0005]** En este contexto, la invención busca proponer un intercambiador de placas que pueda instalarse más fácilmente en la vasija de un reactor nuclear, al tiempo que garantice un curso estable y homogéneo en los pasos primarios y secundarios.
- [0006]** Con este fin, la invención se refiere a un intercambiador de calor de placas del tipo mencionado, según  
25 la reivindicación 1.
- [0007]** Una tal disposición de los colectores de alimentación y del colector de evacuación secundario permite suspender el intercambiador de calor a la pared de una vasija mediante el colector de evacuación secundario. El intercambiador de placas en este caso está típicamente colocado con su eje longitudinal orientado según la dirección  
30 vertical. El colector de evacuación secundario está colocado hacia arriba. El colector de evacuación secundario desemboca típicamente fuera del intercambiador de placas por un orificio de salida rodeado con una brida de fijación. Unos órganos de fijación, por ejemplo tornillos o pernos permiten fijar el intercambiador a la vasija mediante la brida. En ese caso, la vasija comporta típicamente una penetración que presenta un paso interno colocado de forma que coincide con la salida del colector de evacuación secundario.
- 35 **[0008]** El hecho de que el primer y segundo colector de alimentación secundario estén situados en el segundo extremo longitudinal de las placas, de manera simétrica respecto del plano central y alejados de este plano medio, permite dibujar los pasos secundarios de manera que todos estos pasos secundarios tengan sensiblemente la misma longitud. Una tal disposición no sería posible por ejemplo con un colector de alimentación secundario único situado en  
40 el plano medio, en particular cuando se quiere acondicionar un gran número de pasos secundarios a un mismo nivel del intercambiador, es decir, entre dos placas dadas. Al contrario, el hecho de colocar dos colectores de alimentación secundarios alejados de manera simétrica del plano central deja mucha más libertad para dibujar un gran número de pasos secundarios, de longitudes sensiblemente idénticas a un mismo nivel del intercambiador.
- 45 **[0009]** El intercambiador de calor puede presentar además una o varias características según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 13.
- [0010]** El hecho de que los pasos secundarios tengan la misma longitud es importante para obtener velocidades de circulación homogéneas del fluido secundario en los pasos secundarios. Si ciertos pasos secundarios fueran más  
50 cortos y otros más largos, la velocidad de circulación del fluido secundario sería más lenta en los canales más largos y más rápida en los canales más cortos. Esto podría conllevar heterogeneidades de temperatura en el intercambiador de placas, crear limitaciones termomecánicas en el intercambiador así como una pérdida de eficacia del intercambio primario/secundario (mala utilización de una parte de la superficie de intercambio).
- 55 **[0011]** El intercambiador de calor de placas está típicamente previsto para ser utilizado en un reactor nuclear, en concreto en un reactor nuclear de tamaño pequeño o medio. Está típicamente previsto para la transferencia de calor desde el fluido primario del reactor nuclear hacia el fluido secundario. El fluido primario se calienta por circulación en el núcleo del reactor nuclear.
- 60 **[0012]** Típicamente, el fluido primario es agua, y el fluido secundario es agua igualmente. En ese caso, el intercambiador de calor es típicamente un generador de vapor. El fluido secundario penetra en el intercambiador de calor en forma líquida. Se evapora con el efecto del calor cedido por el fluido primario y sale el intercambiador de calor en forma de vapor.
- 65 **[0013]** En una variante, los fluidos primario y secundario no son agua. Por ejemplo, los fluidos primario y/o

secundario son metales líquidos como el sodio o gases.

5 **[0014]** El intercambiador de placas, como se ha indicado más arriba, está típicamente previsto para estar dispuesto en el interior de la vasija de un reactor nuclear. Esta vasija contiene asimismo el núcleo del reactor nuclear y diferentes internos.

10 **[0015]** En una variante, el intercambiador de placas puede no estar situado dentro de la vasija de un reactor nuclear, sino estar intercalado en el circuito primario de un reactor nuclear, fuera de la vasija. Puede utilizarse igualmente en una instalación industrial diferente de un reactor nuclear.

15 **[0016]** Las placas del intercambiador de calor están superpuestas típicamente las unas sobre las otras, paralelamente las unas a las otras. El plano central (plano P en las figuras 2 y 3) es típicamente perpendicular a las placas. El primer y segundo colector de alimentación secundario están típicamente tan alejados como sea posible del plano medio. Asimismo están desplazados, preferiblemente, tanto como sea posible hacia el segundo extremo longitudinal de las placas.

20 **[0017]** Esto facilita la instalación de pasos secundarios de la misma longitud en un mismo nivel del intercambiador, y por consiguiente, favorece también la instalación de pasos primarios de la misma longitud en un mismo nivel del intercambiador.

25 **[0018]** Ventajosamente, los pasos primarios y secundarios están perforados en las caras grandes de placas, denominadas respectivamente placas primarias y secundarias. Se obtiene así un intercambiador de placas particularmente robusto y compacto. Los pasos primarios y secundarios están típicamente grabados en las placas primarias y secundarias. Están abiertos a nivel de las caras grandes de las placas primarias y secundarias. En otras palabras, los pasos primarios y secundarios son ranuras formadas en la masa de las placas primarias y secundarias. Cada placa primaria y secundaria presenta una primera gran cara en la que se forman pasos y una segunda cara desprovista de pasos. Cuando las placas primarias y secundarias se apilan las unas sobre las otras de manera alterna la segunda cara grande de una placa dada viene a cerrar los pasos de la placa situada inmediatamente debajo de esta.

30 **[0019]** Alternativamente, los pasos primarios y secundarios están mecanizados en las primeras caras grandes por ejemplo mediante láser o cualquier otro tipo de mecanizado (fotoquímico, mecánico...).

35 **[0020]** En una variante, cada placa lleva ranuras en sus dos caras grandes. Estas ranuras coinciden las unas con las otras cuando se apilan las placas. Las ranuras opuestas situadas entre dos placas dadas definen los pasos primarios o secundarios.

40 **[0021]** En una variante, los pasos primarios y secundarios no están perforados en las caras grandes de las placas primaria y secundaria, sino por ejemplo están delimitados por insertos instalados entre placas.

45 **[0022]** Típicamente, un nivel constituido por una fila de pasos primarios (nivel primario) está enmarcado por dos niveles con pasos secundarios (nivel secundario), y recíprocamente. En una variante, se coloca sucesivamente un nivel primario, dos niveles secundarios, un nivel primario, etc. Se pueden colocar también dos niveles primarios, después dos niveles secundarios, después dos niveles primarios, etc. Se pueden considerar otras configuraciones.

50 **[0023]** Preferiblemente, los pasos secundarios presentan longitudes desarrolladas respectivas comprendidas entre  $L_0+10\%$  y  $L_0-10\%$ .  $L_0$  es aquí una longitud predeterminada de referencia. Así, todos los pasos secundarios presentan sensiblemente la misma longitud desarrollada. Se entiende aquí por longitud desarrollada la longitud recorrida cuando se sigue un paso secundario desde un colector de alimentación secundario hasta el colector de evacuación secundario. Hay que señalar, como se describirá más adelante, que varios pasos secundarios pueden compartir un tramo común, en concreto un tramo aguas arriba que desemboque en un colector de alimentación secundario. Estos pasos se separan los unos de los otros aguas abajo del tramo común. En ese caso, se entiende aquí por longitud desarrollada la longitud total del paso, incluida la del tramo común. Preferiblemente, los pasos secundarios presentan longitudes desarrolladas comprendidas entre  $L_0+5\%$  y  $L_0-5\%$ , y más preferiblemente 55 comprendidas entre  $L_0+2\%$  y  $L_0-2\%$ .

60 **[0024]** Dado que los pasos secundarios presentan todas longitudes desarrolladas sensiblemente iguales, el fluido secundario tiene sensiblemente el mismo perfil de velocidad en todos los pasos secundarios. Por ello tiene sensiblemente el mismo perfil de temperatura a lo largo de todos los pasos secundarios.

**[0025]** Desde un punto de vista termohidráulico, esto permite controlar la distribución de los caudales entre los diferentes canales secundarios, y por tanto el equilibrio de las potencias intercambiadas en los diferentes canales. Así, toda la superficie de intercambio de la placa es eficaz en materia de intercambio térmico.

65 **[0026]** De esto se deriva además que no hay dilatación diferencial entre diferentes zonas de una misma placa

o entre dos placas secundarias. Esto es particularmente importante dado que las placas están generalmente soldadas las unas a las otras y constituyen por tanto un bloque particularmente rígido. Esto permite reducir las limitaciones termomecánicas en el intercambiador de placas y reducir el riesgo de aparición de fisuras o de fugas a largo plazo.

5 **[0027]** Asimismo, los pasos primarios presentan de preferencia longitudes desarrolladas respectivas comprendidas entre  $L1+10\%$  y  $L1-10\%$ .

**[0028]** Así, todos los pasos primarios presentan sensiblemente la misma longitud desarrollada.  $L1$  es aquí una longitud de referencia predeterminada.  $L1$  es generalmente diferente de  $L0$ . De preferencia, los pasos primarios  
10 presentan longitudes desarrolladas comprendidas entre  $L1+5\%$  y  $L1-5\%$ , y aun preferiblemente comprendidas entre  $L1+2\%$  y  $L1-2\%$ .

**[0029]** Como anteriormente, esto permite obtener perfiles de velocidad similares para el fluido primario en los pasos primarios, y perfiles de temperatura similares a lo largo de los pasos primarios. Esto contribuye a mejorar la  
15 eficacia del intercambio térmico primario/secundario y a reducir las limitaciones termomecánicas en el intercambiador de placas.

Típicamente, el colector de evacuación secundario presenta una sección recta en  $V$ . Se entiende aquí por sección recta la sección del colector de evacuación secundario, tomada perpendicularmente a su eje central. Este es típicamente rectilíneo y perpendicular a las placas. En otras palabras, el colector de evacuación secundario presenta  
20 típicamente una sección recta en  $V$  sensiblemente constante en toda su longitud. Una tal forma es particularmente ventajosa para permitir la disposición de los pasos secundarios que tienen todos la misma longitud desarrollada.

**[0030]** Efectivamente, la  $V$  apunta típicamente longitudinalmente hacia el segundo extremo longitudinal de las placas. La punta de la  $V$  está situada típicamente en el plano medio. El colector de evacuación secundario está así  
25 delimitado por dos superficies planas inclinadas la una respecto de la otra. Estas superficies planas se unen a lo largo de una arista, que constituye la punta de la  $V$ , situada en el plano medio. Las superficies planas, a partir de dicha arista, se alejan del plano central y se extienden hacia el primer extremo longitudinal de las placas. Los pasos secundarios desembocan en la una u la otra de las dos superficies planas. Ciertos pasos secundarios desembocan cerca de la arista, mientras que otros desembocan en zonas alejadas de la arista. Esto permite hacer variar la longitud  
30 de las partes terminales altas de los pasos secundarios. Tales variaciones pueden en concreto compensar las diferencias de longitudes entre los pasos secundarios en las partes terminales bajas de esos pasos.

**[0031]** En una variante, las dos superficies podrían no ser enteramente planas y estar curvadas localmente o totalmente. Asimismo, podrían no formar una  $V$ , sino formar una  $U$  o una onda o tener cualquier otra forma adaptada.  
35

**[0032]** El primer y segundo colector de alimentación secundario presentan conjuntamente una primera sección de paso total, el colector de evacuación secundario presenta una segunda sección de paso. La relación entre esta primera y segunda secciones de paso debe tener en cuenta el cambio de fase del fluido, si procede. Típicamente, para una aplicación como generador de vapor, la segunda sección de paso debe ser superior a tres veces la primera sección  
40 de paso, y de preferencia superior a 10 veces. La primera sección de paso corresponde aquí a la suma de las secciones de paso respectivas del primer y segundo colector de alimentación secundario. Estas secciones corresponden típicamente a las secciones rectas del primer y segundo colector de alimentación secundario. Así, la sección de paso del colector de evacuación secundario es mucho más importante que la sección de paso de los colectores de alimentación secundarios.

**[0033]** Esto permite en primer lugar limitar la velocidad de flujo del fluido secundario en el colector de evacuación secundario. Esto es importante cuando el intercambiador de calor es un generador de vapor. Además, esto permite instalar un mayor número de pasos secundarios cerca del colector de evacuación secundario. Efectivamente, entre dos placas dadas, el espacio disponible cerca del colector de evacuación secundario para hacer  
50 pasar los pasos secundarios es menor que en los tramos centrales de las placas, situados a distancia de los dos extremos longitudinales de las placas. Por tanto es necesario reducir el número de pasos secundarios que desembocan en el colector de evacuación secundario fusionando las partes terminales de varios pasos secundarios. Sin embargo, esto reduce la sección de paso disponible para el fluido secundario y crea por tanto una pérdida de carga significativa. En la invención, el hecho de elegir un colector de evacuación secundario de gran tamaño permite limitar  
55 la disminución del número de pasos secundarios cerca del colector de evacuación secundario. Típicamente, si se considera un tramo central de la placa secundaria situado longitudinalmente a media distancia entre los dos extremos longitudinales de la placa, este tramo intermedio está atravesado por un número  $N1$  de pasos secundarios. El número de pasos secundarios que desemboca en el colector de evacuación secundario por su parte vale  $N2$ . En la invención,  $N2$  está comprendido entre  $0,7$  veces  $N1$  y  $N1$  preferiblemente. En otras palabras, la disminución del número de pasos  
60 secundarios entre el tramo central y la entrada en el colector de evacuación secundario es inferior al  $30\%$  preferiblemente

**[0034]** Esto permite asimismo limitar las pérdidas de carga para el fluido secundario que atraviesa el intercambiador de calor.  
65

- [0035]** Preferiblemente, el intercambiador comprende un primer y segundo grupo de pasos secundarios que conectan flúidicamente respectivamente el primer y segundo colector de alimentación secundario al colector de evacuación secundario, el primer y segundo grupo de pasos secundarios tiene cada uno una primera sección de paso total a media longitud respectivamente entre el primer y segundo colector de alimentación secundario y el colector de evacuación secundario, el primer y segundo grupo de pasos secundarios tiene cada uno una segunda sección de paso total inferior al 10 % de la primera sección de paso a la salida respectivamente del primer y segundo colector de alimentación secundario.
- [0036]** En otras palabras, para una aplicación como generador de vapor, si se considera el primer grupo de pasos secundarios, este ofrece a la salida del primer colector de alimentación secundario una sección de paso reducida, muy inferior a la sección de paso ofrecida por ejemplo a medio camino entre los colectores. La situación es la misma para el segundo grupo de pasos secundarios, que alimenta el segundo colector de alimentación secundaria.
- [0037]** Se crea así un grupo de diafragmas al nivel de la salida de los colectores de alimentación. Estos diafragmas están situados inmediatamente aguas abajo del primer y segundo colector de alimentación secundario. Estos diafragmas contribuyen a mantener una presión elevada en los colectores de alimentación secundarios, y permiten así obtener caudales de fluido secundario sensiblemente iguales en los diferentes pasos secundarios. En una aplicación de tipo generador de vapor, contribuyen también a excluir el riesgo de inestabilidades de caudal entre las diferentes filas de pasos secundarios situadas a diferentes niveles del intercambiador en régimen difásico, imponiendo una pérdida de carga importante y calibrada en la zona donde el fluido es monofásico líquido en la entrada de la placa. Además, como el número de pasos secundarios que salen de los colectores de alimentación secundarios es menor que el obtenido a media longitud entre el primer y segundo colector de alimentación secundario y el colector de evacuación secundario, se crea una zona de transición donde el número de pasos aumenta progresivamente en la parte baja de las placas secundarias.
- [0038]** Ventajosamente, los pasos primarios de un mismo nivel primario están completamente separados los unos de los otros. En otras palabras, los pasos primarios de un mismo nivel primario no se comunican los unos con los otros. El fluido primario no puede pasar de un paso primario a otro. En el caso en el que los pasos primarios están perforados en las placas primarias, esto contribuye a crear una superficie de apoyo importante de la primera cara grande de la placa primaria sobre la segunda cara grande de la placa que recubre la placa primaria. Esto es particularmente importante en el caso en que las placas están soldadas las unas a las otras por difusión. Los pasos primarios rectilíneos y sin interrupción en la mayor parte de la trayectoria del fluido primario permiten limitar las pérdidas de cargas en el conducto del intercambiador.
- [0039]** Ventajosamente, cada nivel secundario comporta una pluralidad de pasos secundarios que comunican los unos con los otros.
- [0040]** Así, los pasos secundarios de un mismo nivel están separados los unos de los otros por istmos interrumpidos. Así, un istmo dado, que separa dos pasos secundarios vecinos, presenta varias interrupciones que permiten al fluido secundario pasar de un paso secundario a otro. Estas interrupciones están preferiblemente regularmente repartidas en toda la longitud de los pasos secundarios. Se evita así que se creen inestabilidades entre los pasos.
- [0041]** Esto contribuye asimismo a uniformizar los caudales de fluido secundario en los diferentes pasos secundarios. Esto contribuye a hacer que los perfiles de velocidad y los perfiles de temperatura a lo largo de los diferentes pasos secundarios sean uniformes.
- [0042]** Además, en el caso en que los pasos secundarios estén perforados en las placas secundarias, los istmos que separan los pasos secundarios contribuyen también a crear una superficie de apoyo suficiente para las primeras caras grandes de la placa secundaria sobre las segundas caras grandes de la placa primaria que las recubre. Efectivamente, las interrupciones en total se extienden solo sobre una longitud corta de los pasos secundarios.
- [0043]** Más precisamente, en cada nivel secundario entre dos placas dadas, el número de pasos secundarios es sensiblemente constante en una parte central entre el primer y segundo colector de alimentación secundario y el colector de evacuación secundario. Como se ha indicado más arriba, el número de pasos secundarios se reduce en una segunda parte al acercarse al colector de evacuación secundario a partir de la parte media. Los pasos secundarios están separados los unos de los otros, en la segunda parte, a la vez por istmos discontinuos y por istmos continuos, estos últimos delimitan de hecho un cierto número de grupos de canales con istmos discontinuos (típicamente 8 grupos de canales). Se entiende aquí por istmos continuos istmos que no presentan ninguna discontinuidad desde la parte central hasta el colector de evacuación secundaria.
- [0044]** De forma simétrica, el número de pasos secundarios aumenta en una tercera parte al acercarse a la parte central a partir del primer y segundo colector de alimentación secundaria, como se ha descrito más arriba. Los pasos secundarios están separados en la tercera parte a la vez por istmos discontinuos y por istmos continuos, estos últimos delimitan de hecho un cierto número de grupos de canales con istmos discontinuos (típicamente 8 grupos de

canales). Se entiende aquí por istmos continuos istmos que no presentan ninguna discontinuidad desde el primer y segundo colector de alimentación secundario hasta la parte media.

5 **[0045]** En la parte media, los pasos secundarios están separados los unos de los otros solamente por istmos discontinuos. No hay istmos continuos.

**[0046]** En la segunda y tercera parte, los istmos continuos están repartidos de forma regular, en el sentido en que se encuentra sensiblemente el mismo número de istmos discontinuos entre dos istmos continuos vecinos.

10 **[0047]** En la segunda y tercera parte, el trazado de los pasos secundarios es sinuoso, con varios cambios de sentido. Los istmos continuos fuerzan el fluido secundario a repartirse en toda la anchura del nivel secundario, y contribuyen a la obtención de un caudal uniforme en todos los pasos.

15 **[0048]** En variantes no preferidas, los pasos primarios de una misma placa pueden comunicarse los unos con los otros, y/o los pasos secundarios de una misma placa pueden estar completamente separados los unos de los otros. Estas variantes pueden examinarse en particular para aplicaciones diferentes a la de generador de vapor.

**[0049]** Típicamente, las placas del intercambiador están soldadas las unas a las otras por difusión.

20 **[0050]** Esto permite ensamblar de manera muy sólida las placas las unas a las otras. Esto es particularmente importante cuando la diferencia de presión entre el fluido primario y el fluido secundario es elevada. En ciertas aplicaciones, esta diferencia de presión puede ser superior a 100 bares.

25 **[0051]** Según un segundo aspecto, la invención se refiere a un reactor nuclear que comprende:

- una vasija;
- un núcleo dispuesto en la vasija;
- al menos un intercambiador de calor con las características anteriores, dispuesto en la vasija, en el que el intercambiador de calor está suspendido en la vasija al nivel del colector de evacuación secundario.

30 **[0052]** El intercambiador se mantiene así en voladizo respecto a la vasija, por puntos de fijación colocados alrededor de la salida del colector de evacuación secundario. Este modo de soporte permite al intercambiador de calor expandirse hacia abajo bajo el efecto de la dilatación térmica.

35 **[0053]** Además, el hecho de fijar el intercambiador a la pared de la vasija mediante un dispositivo de fijación único permite instalar varios intercambiadores de calor en la periferia de la vasija, y dejar libre el centro de la vasija, lo que permite la implantación de otros órganos internos.

40 **[0054]** Otras características y ventajas de la invención se desprenderán de la descripción que aparece a continuación, a título indicativo y en absoluto limitativo en referencia a las figuras anexas, entre las que:

- la figura 1 es una representación esquemática en corte del intercambiador de calor de la invención;
- las figuras 2 y 3 son vistas frontales de las placas primarias y secundarias, del lado donde están perforados los pasos primarios y secundarios;
- 45 - la figura 4 es una vista ampliada de una parte de la placa primaria representada en la figura 2;
- las figuras 5 y 6 son vistas ampliadas de dos partes de la placa secundaria representada en la figura 3;
- la figura 7 es una vista en perspectiva, parcial, del intercambiador de calor de la invención;
- la figura 8 es una representación esquemática simplificada de varios intercambiadores de calor dispuestos en la vasija de un reactor nuclear; y
- 50 - la figura 9 es una representación esquemática en corte de una zona del intercambiador de calor, para una variante de realización de los pasos primarios y secundarios.

**[0055]** El intercambiador de placa 1 representado en la figura 1 es un generador de vapor destinado a ser implantado en la vasija de un reactor nuclear de tamaño pequeño o mediano.

55 **[0056]** El intercambiador 1 comporta:

- una pluralidad de placas primarias 3, cada placa primaria 3 tiene una primera cara grande 5 en la que están realizados una pluralidad de pasos primarios 7, previstos para la circulación del fluido primario del reactor nuclear, y una segunda
- 60 cara grande 9 opuesta a la primera y desprovista de pasos primarios;
- una pluralidad de placas secundarias 11, cada placa secundaria 11 tiene una primera cara grande 13 en la que están realizados una pluralidad de pasos secundarios 15, previstos para la circulación del fluido secundario del reactor nuclear, y una segunda cara grande 17 opuesta a la primera y desprovista de paso secundario;
- el primer y segundo colector 19 y 21 de alimentación de los pasos secundarios 15 de fluido secundario; y
- 65 - un colector único 23 de evacuación del fluido secundario que sale de los pasos secundarios, en el que desembocan

los pasos secundarios 15.

**[0057]** Como se observa en la figura 1, las placas primarias y secundarias 3 y 11 se apilan las unas sobre las otras de manera alterna, cada placa primaria está enmarcada por dos placas secundarias y recíprocamente. Los pasos 5 primarios 7 son canales gravados en la primera cara grande 5 de cada placa primaria. Estos canales desembocan en sus dos extremos opuestos. Están abiertos al nivel de la primera cara grande 5. El sentido de circulación del fluido primario está representado por flechas en la figura 2.

**[0058]** Asimismo, los pasos primarios 15 son canales gravados en la primera cara grande 13 de cada placa 10 secundaria 11. En sus extremos aguas arriba 25, desembocan en uno de los dos colectores de alimentación secundario 19 o 21. En sus extremos aguas abajo 27, desembocan en el colector de evacuación secundario. Cada canal secundario 15 está abierto al nivel de la cara grande 13. El sentido de circulación del fluido secundario está representado por flechas en la figura 3.

15 **[0059]** Las placas primarias y secundarias 3 y 11 están apiladas de manera que la segunda cara grande 9 de una placa primaria dada se aplique contra la primera cara grande 13 de la placa secundaria situada inmediatamente por debajo. Asimismo, la segunda cara grande 17 de la placa secundaria se aplica contra la primera cara grande 5 de la placa primaria situada inmediatamente por debajo de ella. Así, los pasos primarios 7 están cerrados al nivel de la primera cara grande 5 por la placa secundaria situada inmediatamente por encima. Asimismo, los pasos secundarios 20 15 están cerrados al nivel de la primera cara grande 13 por la placa primaria situada inmediatamente por encima.

**[0060]** Las placas primarias y secundarias 3 y 11 están soldadas las unas a las otras por difusión.

25 **[0061]** Como se observa en las figuras 2 y 3, las placas primarias y secundarias 3 y 11 presentan sensiblemente la misma forma. Estas placas son alargadas siguiendo un eje longitudinal X. Son todas paralelas las unas a las otras. Son sensiblemente simétricas respecto de un plano central P, que contiene el eje longitudinal X y sensiblemente perpendicular a las placas.

30 **[0062]** El colector de evacuación secundario 23 está situado en un primer extremo longitudinal 29 de las placas. Más precisamente, cada placa presenta una abertura triangular 31 cortada en su primer extremo 29, las aberturas 31 de las diferentes placas están colocadas de forma que coinciden las unas con las otras. Las aberturas 31 definen juntas el colector 23. Están colocadas sobre el plano central P.

35 **[0063]** En una variantes, las aberturas 31 no tienen forma triangular, sino que por ejemplo son rectangulares o tienen cualquier otra forma adaptada.

40 **[0064]** Al contrario, el primer y segundo colector de alimentación secundario 19 y 21 están colocados en el segundo extremo longitudinal 32 de las placas. Están colocados de manera simétrica el uno respecto del otro en el plano central P. Están alejados de este plano P.

**[0065]** Cada placa presenta dos aberturas 33, 35, la aberturas 33, 35 cortadas en las diferentes placas están colocadas de forma que coinciden las unas con las otras. Definen juntas respectivamente los colectores 19 y 21.

45 **[0066]** Como se observa en las figuras 2 y 3, cada placa está delimitada por dos bordes rectos longitudinales 37 y 39, paralelos y opuestos el uno al otro, un borde arqueado 41 que conecta los primeros extremos respectivos 43 y 45 de los bordes 37 y 39 el uno al otro, y un borde que entra en V 46 que une los segundos extremos respectivos 47, 49 de los dos bordes 37 y 39 el uno al otro. El borde arqueado 41 delimita el primer extremo 29 de la placa. Está abombado hacia el exterior de la placa. El borde en V 46 apunta longitudinalmente hacia el primer extremo 29 de la placa. Delimita el segundo extremo 32 de la placa. Comporta dos alas 48, 50 que se unen en una cúspide situada en 50 el plano central P. El ala 48 delimita con el extremo 47 una zona triangular en la que se acondiciona el corte 33. De manera simétrica, el ala 50 delimita con el extremo 49 una zona triangular en la que está acondicionado el corte 35.

**[0067]** En una variante, el borde 41 no está arqueado y está constituido por uno o varios segmentos de rectas.

55 **[0068]** Como se observa en la figura 2 y 3, la abertura 31 es triangular y presenta una forma de triángulo isósceles. Apunta longitudinalmente hacia el segundo extremo de la placa.

60 **[0069]** Como se observa en la figura 2, los canales primarios 7 se extienden paralelamente los unos a los otros siguiendo una dirección general longitudinal. Presentan cada uno un extremo aguas arriba que desemboca al nivel del borde arqueado 41. Presentan asimismo cada uno un extremo aguas abajo que desemboca al nivel del borde en V 46. Más precisamente, cada uno de los pasos primarios 7 situados a la izquierda del plano central P tiene un extremo aguas arriba que desemboca en una zona del borde 41 situada entre el borde longitudinal 37 y la abertura 31. Los extremos aguas abajo desembocan al nivel del ala 48. Inversamente, los pasos primarios situados a la derecha del plano central P tienen un extremo aguas arriba que desemboca en la zona del borde 41 situada entre el borde 65 longitudinal 39 y la abertura 31. Sus extremos aguas abajo desembocan al nivel del ala 50 del borde en V 46.

**[0070]** Cada paso primario 7 presenta una porción aguas arriba 53 al menos parcialmente arqueada que se extiende sobre el primer extremo 29 de la placa, una parte central 55 rectilínea y longitudinal, y una parte aguas abajo 57 al menos parcialmente arqueada, que se extiende sobre el segundo extremo 32 de la placa. La curva de la parte aguas arriba 53 es inversa a la curva de la parte aguas abajo 57. En otras palabras, si la parte aguas arriba está girada hacia el borde longitudinal 37, la parte aguas abajo 57 está girada hacia el plano central P. Así, los pasos primarios que están relativamente cerca de los bordes longitudinales 37 y 39 presentan tramos aguas arriba 53 relativamente más cortos y tramos aguas abajo 57 relativamente más largos. Inversamente, los pasos primarios situados cerca del plano central P presentan tramos aguas arriba relativamente más largos y tramos aguas abajo relativamente más cortos. Así, todos los pasos primarios presentan sensiblemente la misma longitud desarrollada.

**[0071]** Como se observa en la figura 4, los pasos primarios están completamente separados los unos de los otros. Más precisamente, están separados los unos de los otros por istmos 59 continuos, cada istmo 59 separa dos pasos primarios 7 vecinos el uno del otro. Los istmos 59 están soldados por difusión a la segunda cara grande de la placa situada inmediatamente por encima.

**[0072]** Los colectores de alimentación secundarios 19 y 21 están alimentados en fluido secundario por un conducto, no representado, que atraviesa la pared 87. Esta distribución del fluido secundario puede hacerse por varios tubos en paralelo entre la penetración de pared 87 y los colectores 19 y 21.

**[0073]** Como se observa en la figura 3, los pasos secundarios 15 presentan cada uno un tramo aguas arriba 61 que desemboca en uno de los dos colectores de alimentación secundario, 19, 21 y se extienden sobre el segundo extremo 32 de la placa, un tramo central 63 rectilíneo y longitudinal, que se extiende frente a los bordes 37 y 39, y un tramo aguas abajo 65 que desemboca en el colector de evacuación secundario 23 y está acondicionado sobre el primer extremo 29 de la placa.

**[0074]** Los tramos 61 se extienden, a partir de los colectores 19 o 21 hacia el plano central P y hacia el primer extremo longitudinal 39 o 37. Los tramos 61 de los pasos secundarios situados más cerca de los bordes longitudinales 37 y 39 son relativamente más cortos, mientras que los tramos aguas arriba 61 de los pasos secundarios situados más cerca del plano central son relativamente más largos.

**[0075]** A la inversa, los tramos aguas abajo 65 de los pasos situados más cerca de los bordes longitudinales 37 y 39 son relativamente más largos mientras que los tramos 65 de los pasos situados más cerca del plano central P son relativamente más cortos. Así, los pasos secundarios presentan todos sensiblemente la misma longitud desarrollada. Los tramos aguas abajo 65 presentan una porción arqueada, de curvaturas giradas hacia el plano central P. Además, comprenden asimismo una porción rectilínea bien longitudinal, bien convergente hacia el plano central P cuando se les sigue según el sentido de circulación del fluido secundario.

**[0076]** El número de pasos secundarios es sensiblemente constante en la parte central de la placa secundaria 11, y vale por ejemplo 136.

**[0077]** En cambio, el número de pasos secundarios va en aumento a partir de cada uno de los colectores 19, 21, hacia la parte central de la placa. Así, la placa comporta por ejemplo 4 tramos 61 en las cercanías inmediatas de cada uno de los colectores 19, 21. Estos tramos 61 se subdividen a medida al alejarse de los colectores 19, 21 aumentando así el número de pasos secundarios. Esta evolución se representa de manera esquemática en la figura 3, y más precisamente en la figura 6. [Completar la figura 6 mostrando cómo se constituyen los diafragmas].

**[0078]** Inversamente, el número de tramos aguas abajo 65 disminuye al acercarse al colector de evacuación 23. En las cercanías inmediatas del colector 23 el número de tramos aguas abajo 65 es de por ejemplo 104. Esta evolución se representa de manera esquemática en la figura 3, y más precisamente en la figura 5.

**[0079]** Por ello, la sección de paso ofrecida al fluido secundario inmediatamente aguas abajo de los colectores 19, 21 es reducida. Los extremos aguas arriba de los pasos secundarios constituyen así un diafragma que permite mantener la presión de fluido secundario en los colectores 19, 21 a un nivel elevado. Este efecto se acentúa aún más por el hecho de que los cuatro tramos 61, en las cercanías inmediatas del colector 19, 21 tienen una sección particularmente reducida, que aumenta conforme se aleja del colector 19, 21.

**[0080]** Como se observa en las figuras 5 y 6, los pasos secundarios 15 comunican entre sí. En la parte central de la placa, están separados los unos de los otros solamente por istmos 66 discontinuos. Estos istmos 66 presentan interrupciones 67 a través de las cuales el fluido secundario puede pasar de un paso secundario a otro.

**[0081]** Entre los colectores de alimentación secundarios 19, 21 y la parte media, los pasos secundarios están separados los unos de los otros a la vez por istmos 66 discontinuos y por istmos continuos 68. En el ejemplo representado, la placa secundaria presenta tres istmos continuos 68 para cada colector de alimentación secundario 19, 21. Estos istmos están regularmente espaciados los unos de los otros. Así, cerca de la parte media, se encuentran

nueve istmos discontinuos entre dos istmos continuos.

**[0082]** Asimismo, entre la parte central y el colector de evacuación secundario 23, los pasos secundarios están separados los unos de los otros a la vez por istmos 66 discontinuos y por istmos continuos 68. En el ejemplo representado, la placa secundaria presenta tres istmos continuos 68 a cada lado del plano central P. Estos istmos están regularmente espaciados los unos de los otros. Así, cerca de la parte central, se encuentran doce istmos discontinuos entre dos istmos continuos.

**[0083]** Los istmos 66 y 68 están soldados por difusión a la segunda cara grande de la placa primaria situada inmediatamente por encima.

**[0084]** El colector de evacuación secundario 23 está delimitado por tres superficies planas, respectivamente con las referencias 69, 71 y 73 y una división de fondo, realizada por la placa 79. Las superficies planas 69 y 71 están inclinadas la una respecto de la otra y convergen hacia una arista 75 que apunta longitudinalmente hacia los segundos extremos 32 de las placas. Los canales secundarios 15 situados a la izquierda del plano central P desembocan todos en la superficie 69, mientras que los canales secundarios situados a la derecha del plano central P desembocan todos en la superficie 71.

**[0085]** El intercambiador de calor comporta típicamente, además de las placas primarias y secundarias 3 y 11, placas externas 77 y 79 aplastadas la una por encima y la otra por debajo del apilamiento de placas primarias y secundarias. Como se observa en la figura 7, la placa externa 77 presenta un orificio de salida 81 para el fluido secundario. El orificio 81 está colocado en la prolongación del colector de evacuación secundaria 23. Este está abierto hacia el orificio 81 y cerrado en su extremo opuesto. La placa 77 presenta alrededor del orificio 81 un sobrespesor que forma una brida 83 prevista para la fijación del intercambiador de calor sobre la pared de la vasija de un reactor. La placa 79 forma una pared en el fondo del colector de evacuación secundario 23.

**[0086]** Como se observa en la figura 8, el intercambiador de calor 1 está previsto para ser dispuesto en el interior de la vasija 85 de un reactor nuclear. La vasija 85 está delimitada por una pared periférica 87 que presenta varias aberturas 89 regularmente repartidas alrededor de su eje central. Las penetraciones 91 están insertadas en las aberturas 89 y están previstas a la vez para la fijación de los intercambiadores 1 y para el paso del fluido secundario. Las penetraciones 91 delimitan interiormente un paso 93.

**[0087]** Hay varios intercambiadores de calor 1 repartidos alrededor de la vasija, cerca de la pared 87. Así, el centro 95 de la vasija está despejado, ya que los intercambiadores de calor solo ocupan la periferia de esta vasija. Cada intercambiador de calor 1 está rígidamente fijado a la vasija mediante la brida 83. La brida 83 está aplastada contra el extremo interno de la penetración 91 y rígidamente fijada a la penetración 91, mediante pernos 97. En esta situación, el orificio de salida 81 del fluido secundario coincide con el paso 93. El paso 93 atraviesa la penetración 91 de lado a lado y desemboca, en el exterior de la vasija, en un conducto que forma parte del circuito secundario del reactor nuclear. Este conducto no está representado. El intercambiador de calor 1 está fijado a la vasija solo mediante pernos 97 dispuestos al nivel de la salida 81 y del paso 93. Una tal disposición permite mantener el intercambiador en voladizo, cerca de la pared de la vasija, y permite así despejar el centro de la vasija. El intercambiador es libre de expandirse hacia abajo bajo el efecto de la dilatación térmica.

**[0088]** El núcleo 86 del reactor está colocado en la parte baja en el interior de la vasija 85. Hay varios intercambiadores de calor 1 colocados por encima del núcleo.

**[0089]** En la variante de realización de la figura 8, las placas 101 del intercambiador de calor llevan ranuras 103 sobre sus dos caras grandes 105, 107 opuestas. Las ranuras 103 están separadas las unas de las otras por istmos 109. Estas ranuras 103 coinciden las unas con las otras cuando las placas 101 están apiladas, al igual que los istmos 109. Las ranuras 103 enfrentadas situadas entre dos placas 101 dadas, en un nivel primario, definen los pasos primarios 7. Las ranuras 103 enfrentadas situadas entre dos placas 101 dadas, en un nivel secundario, definen los pasos secundarios 15.

**REIVINDICACIONES**

1. Intercambiador de calor de placas (1), en el que el intercambiador comprende:

- 5 - una pluralidad de placas (3, 11) apiladas las unas sobre las otras, las placas (3, 11) delimitan entre sí alternativamente una pluralidad de pasos primarios (7) y una pluralidad de pasos secundarios (15), los pasos primarios (7) están previstos para la circulación de un fluido primario y los pasos secundarios (15) están previstos para la circulación de un fluido secundario;
- un primer colector (19) de alimentación de los pasos secundarios (15) de fluido secundario y un colector (23) de evacuación del fluido secundario en el que desembocan los pasos secundarios (15);
- 10 - las placas (3, 11) son paralelas a un eje longitudinal determinado (X) y presentan un plano central (P) común que contiene el eje longitudinal (X),

**caracterizado porque**

- 15 - el intercambiador (1) comprende un segundo colector de alimentación secundario (21), el primer y segundo colector de alimentación secundario (19, 21) y el colector de evacuación secundario (23) están acondicionados en placas (3, 11) y se extienden sensiblemente perpendicularmente a las placas (3, 11),
- el colector de evacuación secundario (23) está situado en un primer extremo longitudinal (29) de las placas (3, 11),
- 20 en el plano central (P), el primer y segundo colector de alimentación secundario (19, 21) están situados en un segundo extremo longitudinal (32) de las placas (3, 11) opuesto al primero, de manera simétrica respecto del plano central (P) y alejados del plano central (P), y
- el intercambiador (1) comprende un primer y segundo grupo de pasos secundarios (15) que conectan fluídicamente respectivamente el primer y segundo colector de alimentación secundario (19, 21) al colector de evacuación
- 25 secundario (23), el primer y segundo grupo de pasos secundarios (15) tiene cada uno una primera sección de paso total a media longitud respectivamente entre el primer y segundo colector de alimentación secundario (19, 21) y el colector de evacuación secundario (23), el primer y segundo grupo de pasos secundarios (15) tiene cada uno una segunda sección de paso total inferior al 10 % de la primera sección de paso a la salida respectivamente del primer y segundo colector de alimentación secundario (19, 21).

30 2. Intercambiador según la reivindicación 1, **caracterizado porque** los pasos primarios y secundarios (7, 15) están perforados en caras grandes (5, 13) de las placas (3, 11) respectivamente.

3. Intercambiador según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado porque** los pasos secundarios (15) presentan longitudes desarrolladas respectivas comprendidas entre  $L_0+10\%$  y  $L_0-10\%$ , donde  $L_0$  es una longitud predeterminada de referencia, todos los pasos secundarios (15) presentan sensiblemente la misma longitud desarrollada.

4. Intercambiador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** los pasos primarios (7) presentan longitudes desarrolladas respectivas comprendidas entre  $L_1+10\%$  y  $L_1-10\%$ , donde  $L_1$  es una longitud de referencia predeterminada, todos los pasos secundarios (7) presentan sensiblemente la misma longitud desarrollada.

5. Intercambiador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el colector de evacuación secundario (23) presenta una sección recta en V.

6. Intercambiador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el colector de evacuación secundario (23) está delimitado por dos superficies planas (69, 71), inclinadas la una respecto de la otra, los pasos secundarios (15) desembocan en una u otra de las dos superficies planas (69, 71).

7. Intercambiador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el primer y segundo colector de alimentación secundario (19, 21) presentan juntos una primera sección de paso total, donde el colector de evacuación secundario (23) presenta una segunda sección de paso superior a 3 veces la primera sección de paso.

8. Intercambiador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** comprende un primer número de pasos secundarios (15) a media longitud entre el primer y segundo colector de alimentación secundario (19, 21) y el colector de evacuación secundario (23), donde el intercambiador tiene un segundo número de pasos secundarios (15) que desembocan en el colector de evacuación secundario (31), el segundo número está comprendido entre el 70 % y el 100 % del primer número.

9. Intercambiador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** los pasos primarios (7) delimitados entre dos placas dadas están completamente separados los unos de los otros.

10. Intercambiador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** los pasos

secundarios (15) delimitados entre dos placas dadas comunican los unos con los otros.

11. Intercambiador según la reivindicación 10, **caracterizado porque** comprende, entre dos placas dadas, un primer número de pasos secundarios (15) sensiblemente constante en una parte central entre el primer y segundo colector de alimentación secundario y el colector de evacuación secundario (19, 21) y el colector de evacuación secundario (23), el número de pasos secundarios (15) se reduce en una segunda parte conforme al acercarse al colector de evacuación secundario (31) a partir de la parte central, los pasos secundarios (15) están separados en la segunda parte a la vez por istmos discontinuos (66) y por istmos continuos (68) desde la parte central hasta el colector de evacuación secundario (23).
- 10 12. Intercambiador según la reivindicación 10 u 11, **caracterizado porque** comprende, entre dos placas dadas, un primer número de pasos secundarios (15) sensiblemente constante en una parte central entre el primer y segundo colector de alimentación secundario y el colector de evacuación secundario (19, 21) y el colector de evacuación secundario (23), el número de pasos secundarios (15) aumenta en una tercera parte al acercarse a la parte central a partir del primer y segundo colector de alimentación secundario (19, 21), los pasos secundarios (15) están separados en la tercera parte a la vez por istmos discontinuos (66) y por istmos continuos (68) desde el primer y segundo colector de alimentación secundario (19, 21) hasta la parte central.
- 15 13. Intercambiador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** las placas (3, 11) están soldadas las unas a las otras por difusión.
- 20 14. Reactor nuclear que comprende:
- una vasija (85),
  - 25 - un núcleo (86) dispuesto en la vasija (85);
  - al menos un intercambiador de calor (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, dispuesto en la vasija, en el que el intercambiador de calor (1) está suspendido en la vasija (85) al nivel del colector de evacuación secundario (23).

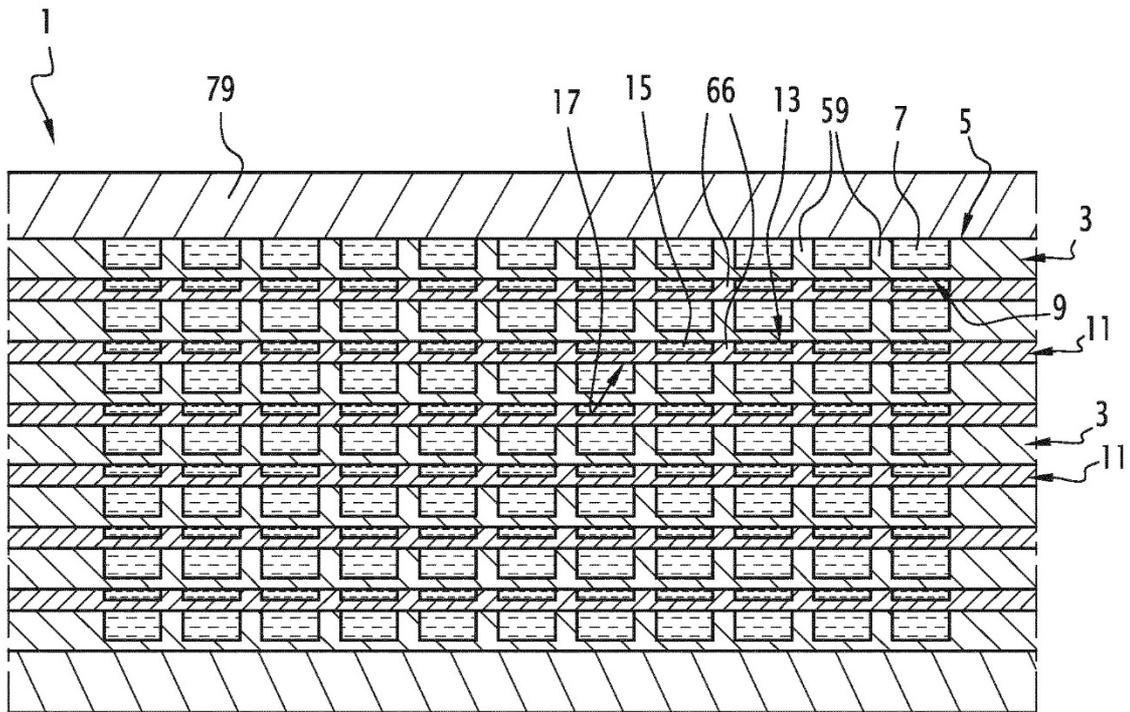
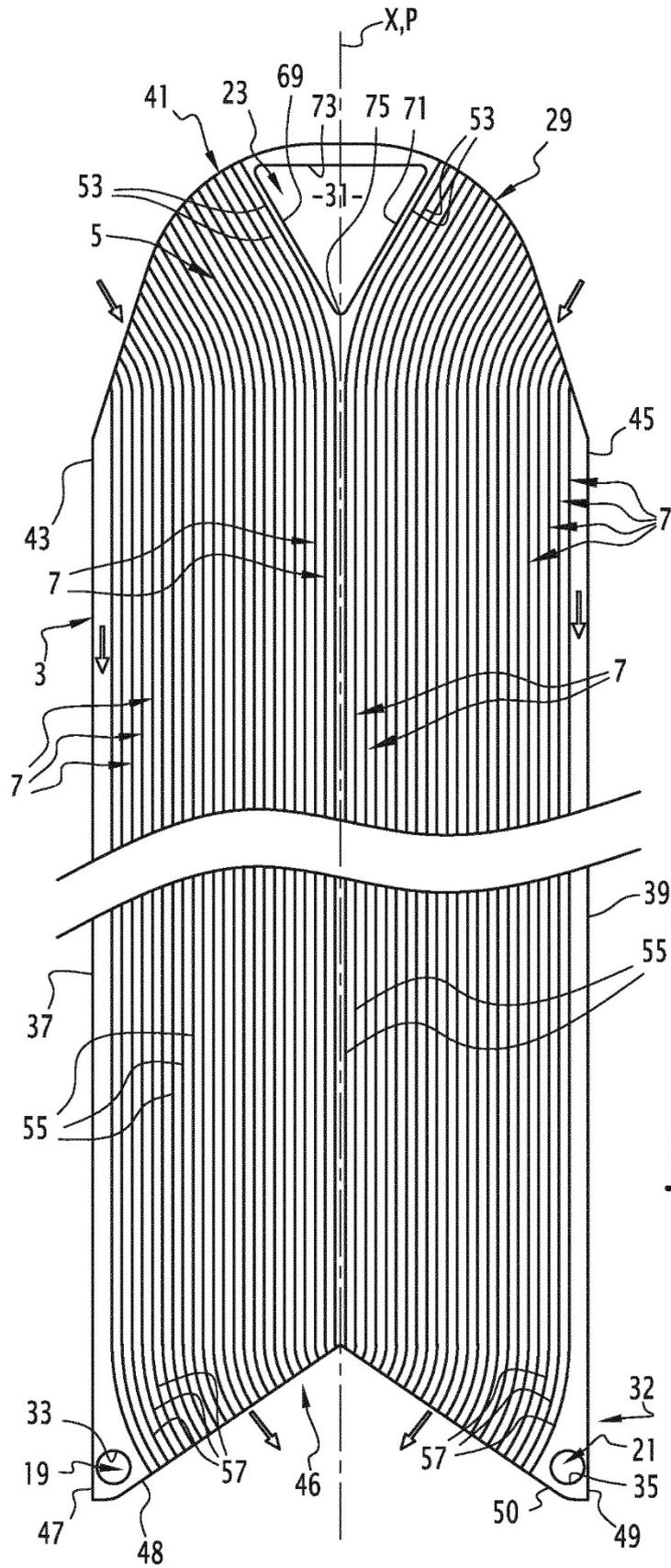
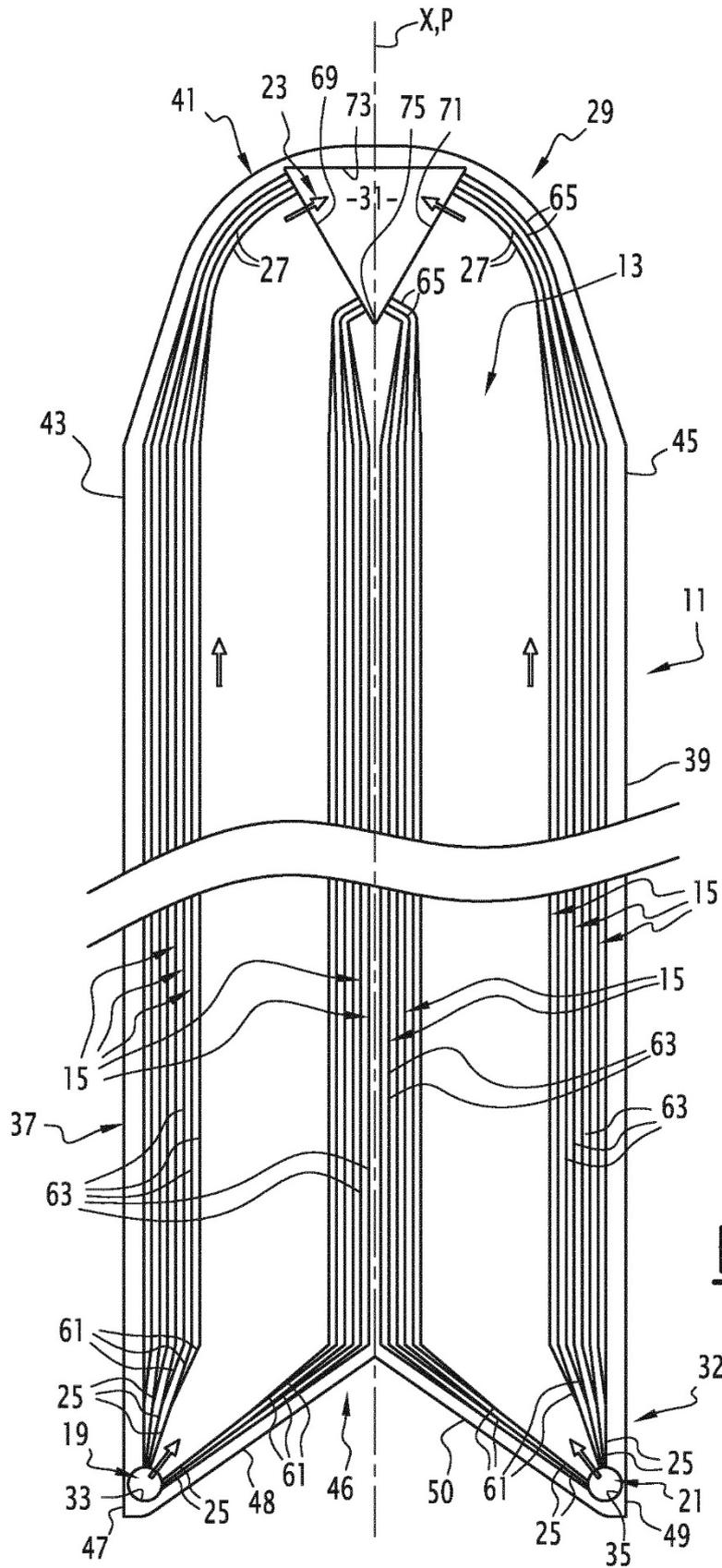


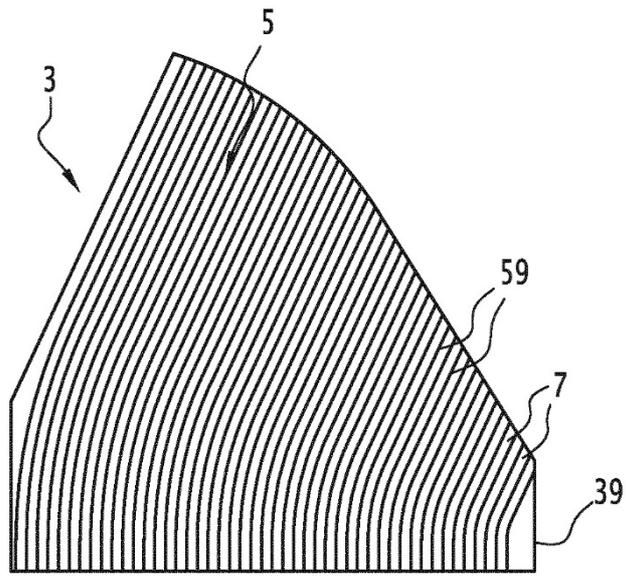
FIG.1



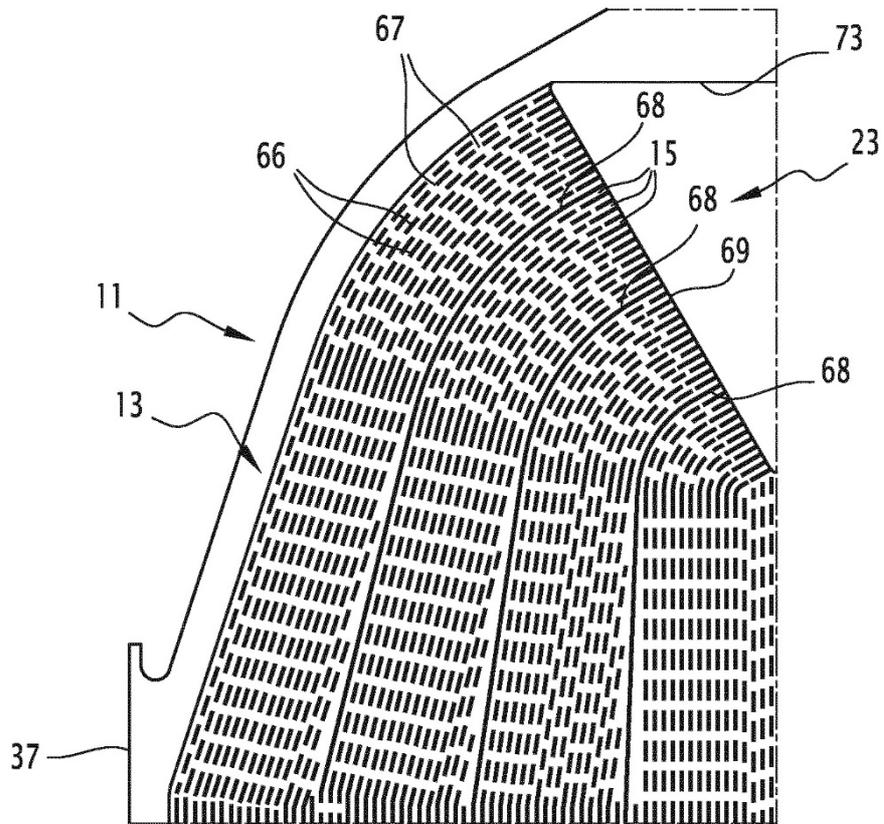
**FIG.2**



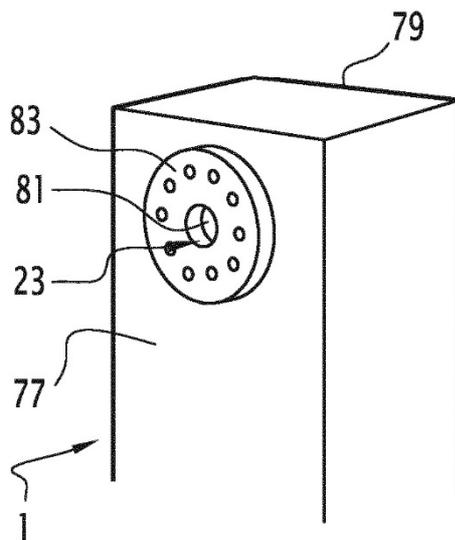
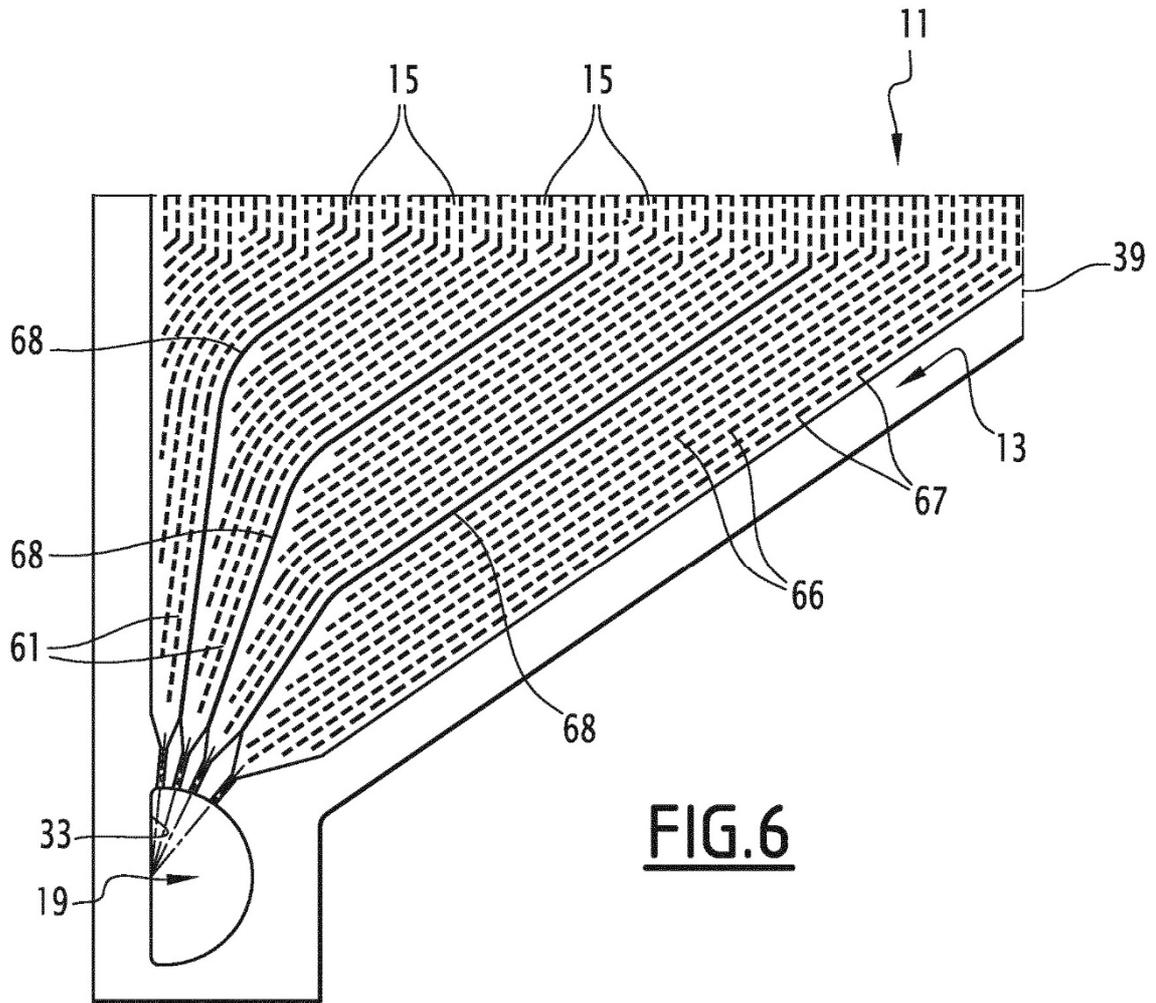
**FIG.3**

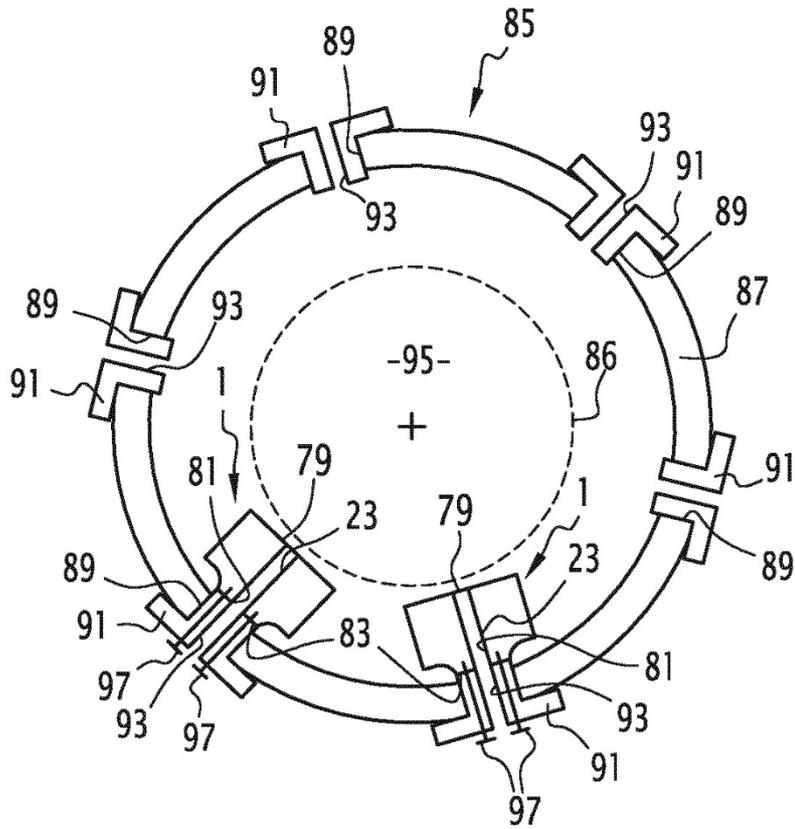


**FIG. 4**

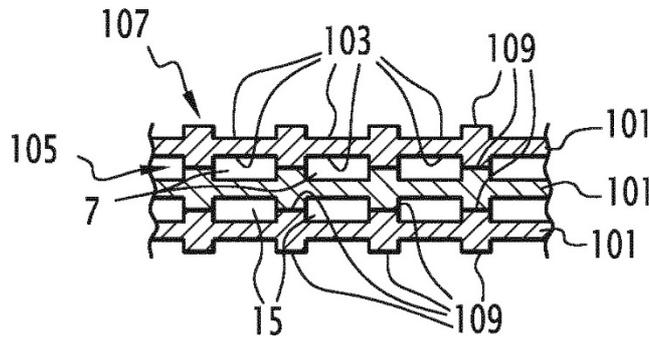


**FIG. 5**





**FIG. 8**



**FIG. 9**