



ESPAÑA

Concedido el Registro de acuerdo con los datos que figuran en la presente descripción y según el contenido de la Memoria conjunta.

ES

11

21

25

NUMERO

478.497

10

A 1

FECHA DE PRESENTACION

9 MAR. 1979

PATENTE DE INVENCION

60 PRIORIDADES:		
61 NUMERO	62 FECHA	63 PAIS
EN 78 07231	10 de Marzo de 1.978	Francia
64 FECHA DE PUBLICIDAD	65 CLASIFICACION INTERNACIONAL	66 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	G 21 C	
67 TITULO DE LA INVENCION		
PROCEDIMIENTO DE LOCALIZACION DE RUPTURAS DE VAINA EN UN REACTOR NUCLEAR.		
68 SOLICITANTE (ES)		
COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE.		
DOMICILIO DEL SOLICITANTE		
31/33, rue de la Fédération, 75.015 PARIS (Francia)		
69 INVENTOR (ES)		
Claude, Michel BERLIN, Ing., Pierre, Marc CHANTOIN, Ing.		
70 TITULAR (ES)		
71 REPRESENTANTE		
D. JOSE MIGUEL GOMEZ-ACEBO y POMBO		

La presente invención se refiere a un procedimiento de localización de rupturas de vaina en un reactor nuclear, - aplicándose este procedimiento más especialmente pero no exclusivamente a un reactor de neutrones rápidos.

5 Se sabe que durante la explotación de un reactor de este tipo, se controla periódicamente la actividad del fluido caloportador, constituido por un metal líquido tal como sodio, y la actividad del gas de cobertura, constituido por un gas -
10 gas de cobertura acentúa la aparición de una "fuga de gas" procedente de al menos una vaina defectuosa mientras que un aumento de la actividad en neutrones diferidos del fluido caloportador señala la evolución de la "fuga de gas" en "ruptura abierta" ocasionando un contacto entre el material combustible contenido en la vaina, y el fluido caloportador.

15 Habitualmente, en caso de fuga se continúa el funcionamiento del reactor hasta la próxima parada programada ó bien hasta que se alcanza un umbral de contaminación fijado.

20 En ambos casos de ruptura de vaina mencionada, la localización de los elementos combustibles defectuosos se revela necesaria.

Los medios de localización a emplear son diferentes - según el estado de la fuga: "ruptura abierta" ó "fuga de gas".

I) Caso de una "ruptura abierta"

25 En este caso, se obtiene una localización conveniente utilizando en primer lugar una prelocalización por conteo, en diferentes puntos de la cuba del reactor, de los neutrones diferidos emitidos por los productos de fisión tales como bromos y yodos transportados por el fluido caloportador. A continuación
30 se efectúa una localización del elemento defectuoso por exploración

ción sistemática de la zona prelocalizada por medio de un tapón selector que permite el análisis del fluido caloportador procedente de cada montaje (a continuación de la descripción, este término "montaje" debe ser considerado como equivalente al término "elemento combustible").

II) Caso de una "fuga de gas"

Actualmente existen varios métodos de localización que pueden utilizarse además aisladamente ó en combinación.

1) Método denominado del "reniflage": este método consiste en analizar los gases de fisión procedentes de un elemento combustible fugaz después de haberle hecho sufrir una variación de presión y/o de temperatura.

Este método presenta el inconveniente de permitir únicamente la localización cuando se detiene el reactor.

2) Localización por análisis sobre el gas radiactivo procedente de cada montaje combustible (LRG gas): este análisis es efectuado por medio de una cámara de ionización tras el degasificado del fluido caloportador.

Este método necesita la colocación de medios mecánicos complicados para realizar la extracción cíclica del fluido caloportador procedente de cada montaje.

3) Localización por marcado de dos montajes: este método consiste en marcar cada montaje ó un grupo restringido de ellos con un trazador gaseoso constituido por una mezcla de isótopos estables del Xénon que corresponde a una composición isotópicamente anormal.

Después de que se haya producido una fuga de vaina, el montaje culpable es identificado por el trazador específico que se ha escapado en el gas de cobertura. Se hace pasar una fracción de éste sobre carbón activo refrigerado a una temperatura

criogénica a fin de adsorber los isótopos del Xenon y después se efectúa un análisis en el espectómetro de masa.

Este método presenta los siguientes inconvenientes:

- a) su costo elevado;
- b) sus límites de aplicación en los dos siguientes casos:
 - fugas pequeñas ó que existen previamente a la puesta en reactor,
 - mezclas de señales si hay más de un montaje defectuoso,
- c) degradación del gas marcador bajo el efecto del flujo radiactivo.
- 4) Medida de la antigüedad:

El procedimiento descrito en la patente BF 2.251.886 consiste en efectuar la medida de la relación entre dos productos de fisión constituidos por ^{134}Xe , isótopos estable, y ^{133}Xe , isótopo radiactivo, indicando esta relación la potencia y la combinación másica del elemento combustible defectuoso.

Ahora bien, las experiencias efectuadas por los inventores de esta solicitud han puesto de manifiesto que el grado de emisión fuera del combustible ^{133}Xe es muy variable de un elemento combustible al otro, en particular a causa de las variaciones de las temperaturas del combustible. Por esta razón, este procedimiento no presenta, incluso corregido mediante el establecimiento previo de curvas de referencia experimentales, toda la fiabilidad deseable.

La presente invención se refiere a un procedimiento - que permite evitar los inconvenientes de los diversos métodos anteriores y más en particular, frente al procedimiento mencionado en el apartado 4, de liberarse de las incertidumbres inherentes

a la determinación del término ^{133}Xe .

Este procedimiento de localización de rupturas de vaina en un reactor nuclear, se caracteriza porque se efectúa la medida de la antigüedad del elemento combustible defectuoso--de-
5 terminando la relación entre los productos de fisión constituidos por dos isótopos gaseosos estables que tienen cinéticas de formación de gas disponible diferentes en función del grado de combustión.

La expresión mencionada de "formación de gas disponible" debe interpretarse como se explica a continuación. Se trata
10 del gas, que tras haber sido engendrado se escapa del material combustible y se acumula en al menos una zona en el interior de la vaina del elemento combustible. En un reactor de neutrones rápidos, el elemento combustible comprende al menos una cámara
15 de expansión situada en una de las extremidades del elemento combustible. Por tanto es en esta cámara de expansión donde el "gas disponible", tras su formación y su desprendimiento fuera del material combustible, se acumula y permanecerá en esta cámara salvo que se produzca en la vaina del elemento una ruptura -
20 por la que pueda escaparse el gas a través del volumen del sodio líquido para llegar al gas inerte de cobertura del reactor, en el caso de reactores rápidos.

Según una realización en particular, los dos isótopos gaseosos están constituidos por isótopos estables de Xenon.

25 Ventajosamente, en este caso, estos dos isótopos estables pertenecen respectivamente a un primer grupo que comprende ^{128}Xe y ^{130}Xe y a un segundo grupo que comprende ^{131}Xe , ^{132}Xe , ^{134}Xe , ^{136}Xe .

30 Conforme a la presente invención, se ha descubierto - que para los isótopos ^{128}Xe , ^{130}Xe , ^{131}Xe , ^{132}Xe , ^{134}Xe , ^{136}Xe ,

¹³⁶Xe, la evolución de la cantidad de gas disponible en función del gas de combustión podía expresarse por una ecuación de la forma:

$$V \text{ en cm}^3 = a (Tc)^n$$

5 Siendo V el volumen de gas disponible y Tc el grado de combustión medio.

Los valores de las constantes a y n dependen de la proporción del material combustible en uranio y/o en plutonio así como del espectro neutrónico en el interior del reactor. En el caso del reactor PHENIX (se puede encontrar una descripción detallada de este reactor de neutrones rápidos en la revista "Energía nuclear" volumen 13, nº 3, páginas 167 a 256, Mayo-Junio - 1.971), se tiene los valores indicados en el cuadro siguiente:

15

Isótopo	a	n
¹²⁸ Xe	0,0016	2,62
¹³⁰ Xe	0,0048	2,53
¹³¹ Xe	1,92	1,62
¹³² Xe	2,76	1,64
¹³⁴ Xe	3,57	1,67
¹³⁶ Xe	3,25	1,66

20

El examen de los valores de n pone de manifiesto que desde el punto de vista de la cinética de degasificado, se pueden distinguir dos grupos de isótopos:

25

- por una parte, isótopos de emisión relativamente más rápida para los que se tiene:

n N 2,5

- por otra parte, isótopos de emisión relativamente más lenta para los que se tiene:

30

n N 1,65.

Esto significa que si se considera la relación de dos isótopos pertenecientes a cada uno de los dos grupos, la evolución de esta relación se definirá por la ecuación:

$$R = \frac{V_1}{V_2} = \frac{a_1}{a_2} (Tc)^{n_1 - n_2}$$

correspondiéndole los índices 1 y 2 evidentemente a cada uno de los dos isótopos.

Con los valores indicados más arriba, se tiene:

$n_1 - n_2$ N 0,85 y la ecuación de evolución de la relación tiene la forma general aproximada siguiente:

$$R = K (Tc)^{0,85}$$

Por tanto se tiene una relación biunívoca entre la relación R y el grado de combustión medio.

Resulta así que R es significativo de la antigüedad del elemento combustible.

La determinación de esta relación R sobre las primeras bocanadas de gas emitidas por una rupturad de vainas, puede por tanto permitir la determinación del grado de combustión del elemento defectuoso y por consiguiente dar una indicación con vistas a la localización.

Se puede aplicar el procedimiento determinando la relación R entre dos isótopos elegidos respectivamente en un primer grupo que comprende ^{128}Xe y ^{130}Xe y en un segundo grupo que comprende ^{131}Xe , ^{132}Xe , ^{134}Xe , ^{136}Xe .

En la práctica, el procedimiento será tanto más fiable y de explotación más fácil cuando:

- más diferentes sean las cinéticas de emisión de los dos isótopos;

- más estables sean las secciones eficaces de los dos

isótopos y su ley de formación, cualquiera que sea la posición del elemento combustible en el reactor;

- más elevadas sean las cantidades de isótopos producidos, por ende fácilmente medibles.

5 En función de estos criterios, parece ventajoso elegir las relaciones $\frac{128}{134} \text{Xe}$ y $\frac{130}{134} \text{Xe}$ cuyas ecuaciones de evolución son las siguientes:

10
$$\frac{128}{134} \text{Xe} = 0,000448 (\text{Tc})^{0,95}$$

$$\frac{130}{134} \text{Xe} = 0,00134 (\text{Tc})^{0,86}$$

15 Estas ecuaciones ponen de manifiesto que la evolución de esta relación es aproximadamente proporcional al grado de combustión medio.

20 En las figuras 1 y 2 se ha representado respectivamente las curvas particulares que dan la evolución de las dos relaciones anteriores en función del grado de combustión medio en átomos por ciento. Estas curvas que se presentan en forma de rectas inclinadas han sido establecidas experimentalmente a partir de elementos combustibles irradiados en el reactor de neutrones rápidos frances PHENIX, refrigerado por sodio líquido.

25 Es interesante hacer notar la pendiente pronunciada de estas rectas, lo que permite una buena precisión en la determinación de la antigüedad.

En la figura 3 se ha representado muy esquemáticamente y a título de ejemplo de realización, dado a título indicativo pero no limitativo, un dispositivo para la realización práctica del procedimiento de la invención.

30 Este dispositivo comprende un circuito de extracción

del gas a analizar constituido por una mezcla de argón y de productos de fisión.

Este circuito 1 conduce a una válvula de cuatro vías y que permite dirigir el gas en una de las dos columnas C_1 ó C_2 . Cada una de estas columnas es llenada de carbón activo y comprende una válvula con cuatro vías v_1 ó v_2 . Cada columna comprende una doble envolvente (no representada) en la que se puede hacer circular nitrógeno líquido así como un circuito de recalentamiento (no representado) realizado con ayuda de una resistencia enrollada alrededor de la columna. Se sirve alternativamente de una u'otra de las columnas, por ejemplo de la columna C_2 representada en la figura 3 en posición de desorción. Se efectúa en primer lugar a una temperatura de aproximadamente -170°C la adsorción sobre el carbón de los productos de fisión que contienen los dos isótopos del Xenon de los que se desea medir la relación. Después se lleva a continuación con una velocidad de calentamiento programada la temperatura de la columna a 150°C aproximadamente y al mismo tiempo se efectúa un barrido con una corriente de helio procedente de la tubería 2 a fin de desorber los productos de fisión anteriormente adsorbidos. La corriente gaseosa es enviada al espectómetro de masa 3 que efectúa la medida. Caudalómetros 4a y 4b permiten medir respectivamente el caudal del gas a analizar y el del helio. La automatización de las diferentes secuencias de accionamiento de las válvulas, de la medida por el espectómetro de masa y de la publicación de los resultados, es asegurada por un calculador (no representado). Merced a este dispositivo, se puede efectuar la medida en el espectómetro de masa sobre una muestra que ha sido concentrada del órden de 1.000 veces en isótopos del Xénon.

Esta forma particular de realización corresponde al ca

so de reactores rápidos, según el cual el fluido de refrigeración de los elementos combustibles es un metal líquido (por ejemplo sodio líquido) coronado por una cobertura gaseosa de gas - inerte que en general es argón. La extracción se realiza en la cobertura gaseosa. Sin embargo, está claro para el experto que incluso en el caso de otros tipos de reactores nucleares, es posible extraer una muestra de los eventuales de fisión en el fluido de refrigeración eventualmente por degasificado.

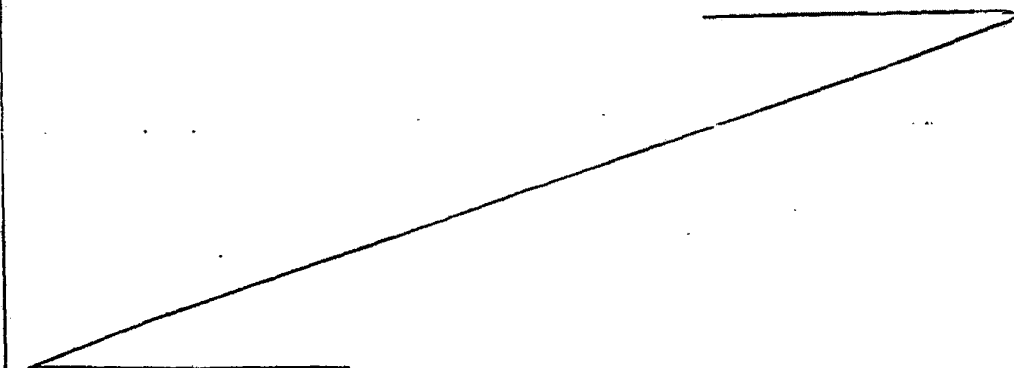
El procedimiento según la invención permite localizar un elemento combustible defectuoso desde los primeros estadios de la "fuga de gas".

Quede bien entendido que la invención no se limita a los ejemplos de realización que han sido más especialmente descritos y representados; por el contrario cubre todas las variantes. En particular debe significarse que la localización puede efectuarse basándose no en una sola relación de dos isótopos, sino en dos relaciones que utilicen al menos tres isótopos diferentes.

Descrita suficientemente la naturaleza del invento, así como la manera de realizarlo en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren su principio fundamental.

25

30



REIVINDICACIONES

1.- Procedimiento de localización de rupturas de vaina en un reactor nuclear, caracterizado porque se efectúa la medida de la antigüedad del elemento combustible defectuoso determinando la relación entre dos productos de fisión constituidos por dos isótopos gaseosos estables ó casi estables que tienen cinéticas de formación de gas disponible diferentes en función del grado de combustión.

2.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque los dos isótopos gaseosos están constituidos por isótopos estables del Xenon.

3.- Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque los dos isótopos pertenecen respectivamente a un primer grupo constituido por ^{128}Xe y ^{130}Xe y a un segundo grupo constituido por ^{131}Xe , ^{132}Xe , ^{134}Xe y ^{136}Xe .

4.- Procedimiento de localización de rupturas de vaina en un reactor nuclear; tal y como queda sustancialmente descrito en la presente Memoria, e ilustrado en los dibujos adjuntos.

Esta Memoria consta de 10 hojas escritas a máquina - por una sola cara.

Madrid, - 9 MAR. 1979
COMMISSARIAT A L'ENERGIE
ATOMIQUE.

J. M. GOMEZ AGEBO Y ROMBO
p. p. Firmado: J. Suarez Diaz

Fig. 1

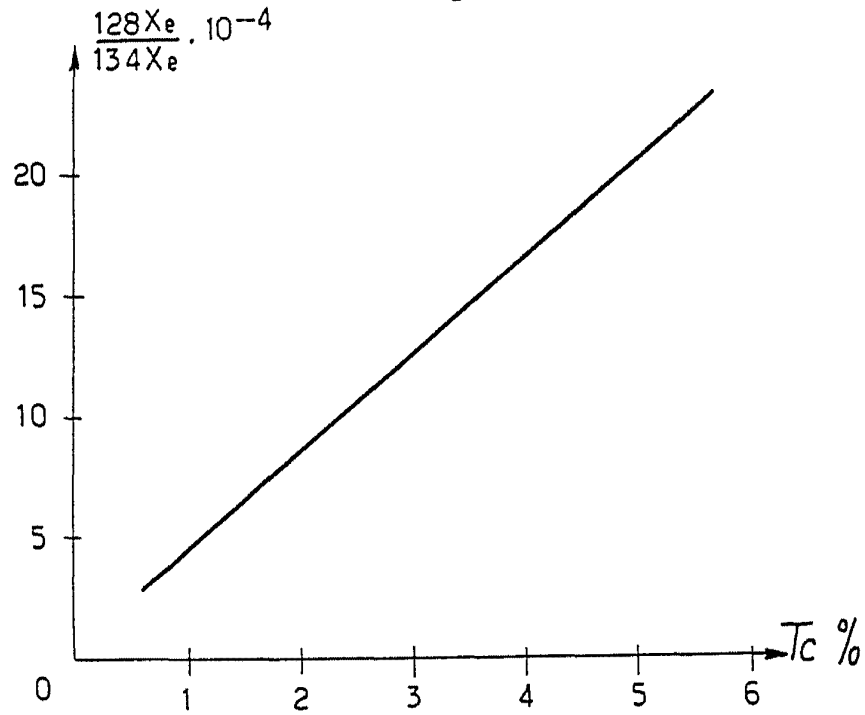
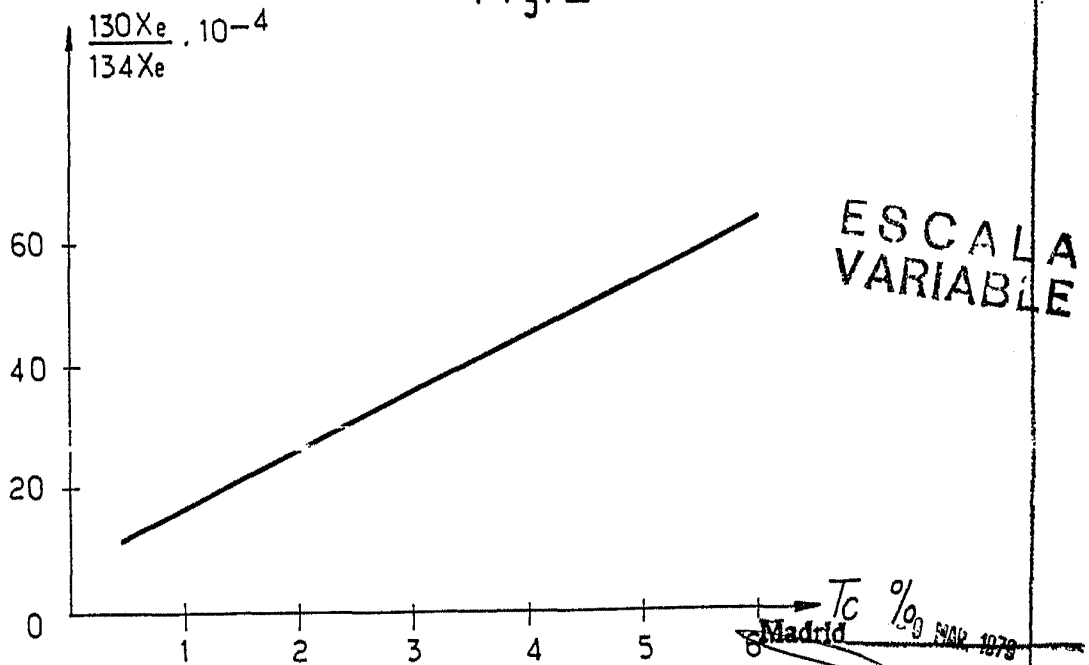
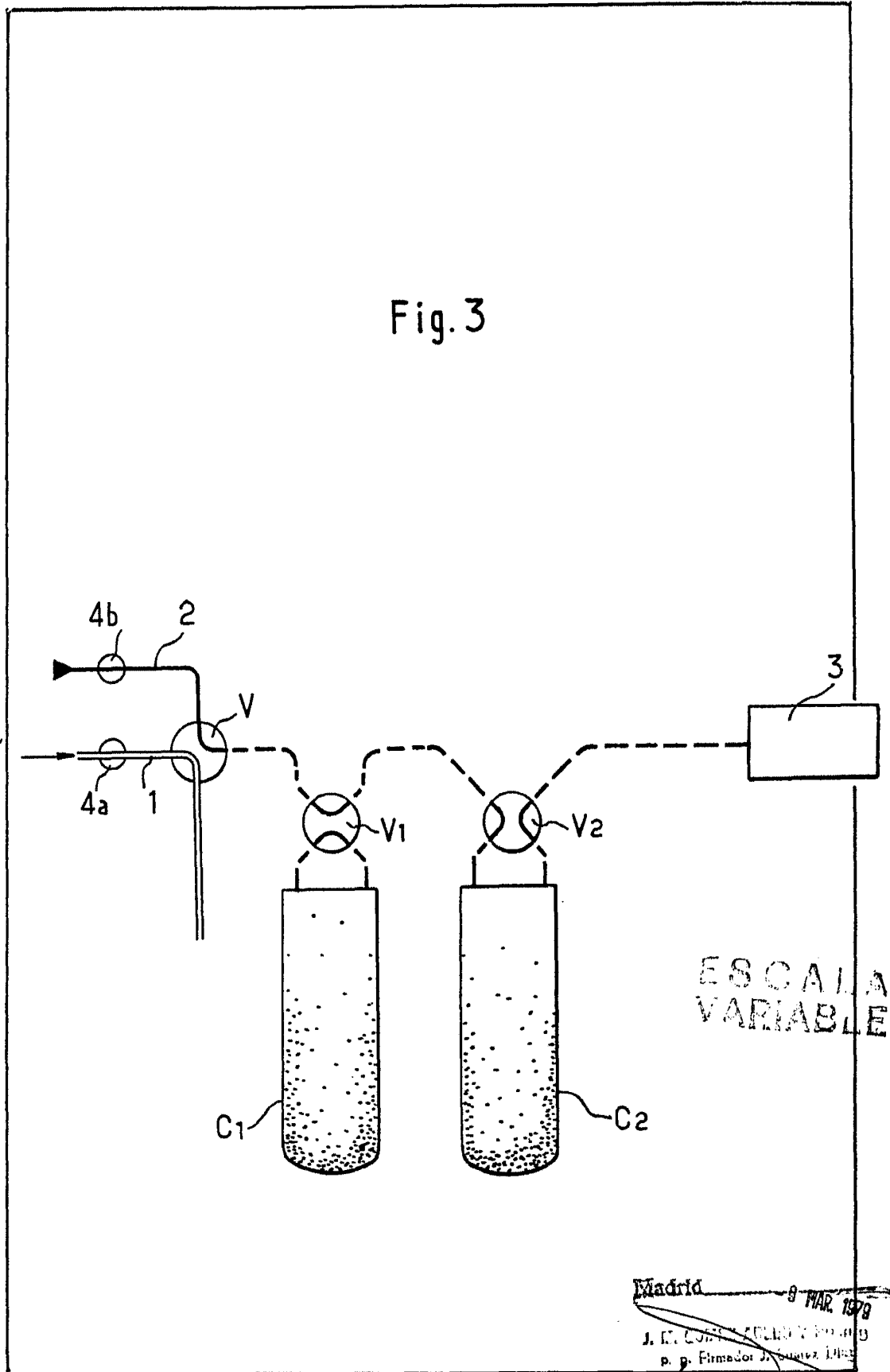


Fig. 2



Madrid 9 MAR 1978
 J. M. GONZALEZ ALONSO Y POMERO
 D. Firmador J. Suarez Diaz

Fig. 3



ESCALA
VARIABLE

Madrid 9 MAR. 1979
J. E. COMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE
p. p. Firmador J. ... 1979