

350628

P-37.539

B 2157-3/JG/MZ

**Memoria descriptiva**



28 FEB 1968

para solicitar PATENTE DE INVENCION por 20 años

a nombre de COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE

entidad / ~~de nacionalidad~~ francesa

con domicilio en 29, rue de la Fédération, París, Francia

por: "PROCEDIMIENTO DE SUBORDINACION EN POSICION DE LOS  
HACES DE IONES EN LOS ESPECTROMETROS DE MASA" (Clase In-  
ternacional G01j)

22.2.1968



26 FEB

El presente invento de Robert Boyer, concierne a un procedimiento de subordinación en posición de los haces de iones en los espectrómetros de masa, así como al dispositivo que pone en práctica dicho procedimiento. Tal dispositivo encuentra una aplicación interesante, especialmente cuando se efectúa el análisis isotópico del uranio en doble recogida.

Se sabe que el funcionamiento del sistema analizador de los espectrómetros de masa descansa generalmente en el hecho de que, cuando un haz de iones acelerado gracias a la aplicación de una tensión eléctrica penetra en un campo magnético perpendicular a su trayectoria, los iones describen un arco de círculo cuyo radio de curvatura está dado por la relación de  $R = K \frac{MV}{B}$

Donde M es la masa atómica de los iones  
V la tensión de aceleración  
B la intensidad del campo magnético.

Así, para un campo magnético B y una tensión de aceleración V dados, los iones de igual proporción q/M de su carga q a su masa M describen trayectorias de radios de curvatura idénticos. Los iones del haz están separados, por consiguiente, en tantos haces distintos como masas iónicas M diferentes existen.

El método denominado de "recogida simple" consiste en hacer variar cíclicamente el campo magnético o la tensión de aceleración entre dos límites determinados con objeto de recoger sucesivamente, en un colector único, todos los grupos de iones que corresponden a todas las masas diferentes de los iones presentes en el haz. Se obtienen así registros de "picos" sucesivos, cuyas amplitudes es-



tan relacionadas con la abundancia de los iones correspondientes.

5 Así, cuando se efectúa el análisis isotópico del uranio, las amplitudes de los "picos" que corresponden a los isótopos  $^{235}\text{U}$  y  $^{238}\text{U}$  permiten establecer la proporción isotópica  $\frac{U_5}{U_8}$  donde  $U_5$  y  $U_8$  representan respectivamente, el número de átomos de cada uno de estos isótopos.

10 Por el contrario, el método denominado de "recogida doble" consiste en conservar constantes el campo magnético y la tensión de aceleración y en disponer, en los lugares deseados, no ya un solo colector, sino dos, los cuales en el caso del uranio, por ejemplo, recogen, respectiva y simultáneamente, los iones que corresponden  
15 a los isótopos  $^{235}\text{U}$  y  $^{238}\text{U}$ . Las corrientes iónicas recogidas son amplificadas y luego comparadas, y se obtiene el registro de una traza cuya amplitud da el valor de la proporción isotópica  $\frac{U_5}{U_8}$ .

20 Sin embargo, esta medición no es exacta más que si el pincel de iones que corresponden al isótopo menos abundante se recoge en su totalidad, es decir, pasa efectivamente a través de la hendidura del colector correspondiente. Es preciso, pues, que en el curso de las mediciones, las trayectorias de los iones sean perfectamente estables en posición y que los puntos de focalización  
25 de los haces estén exactamente centrados sobre las hendiduras colectoras.

Ahora bien, la estabilidad de estas trayectorias depende, de acuerdo con la ecuación general de la espectrometría de masa:

30 
$$R^2 B^2 = kMV$$



de la estabilidad de la inducción B creada por el campo magnético analizador y de la estabilidad de la tensión V de aceleración de los iones. Si V y B sufren fluctuaciones  $\Delta \frac{B}{B}$  y  $\Delta \frac{V}{V}$  debidas a las alimentaciones, los radios R de las trayectorias sufren fluctuaciones  $\Delta \frac{R}{R}$  tales que:

$$\Delta \frac{R}{R} = \frac{1}{2} \Delta \frac{V}{V} - \Delta \frac{B}{B} \text{ y los haces de iones}$$

no caen ya exactamente sobre las hendiduras colectoras.

El presente invento, que permite remediar este inconveniente, describe un procedimiento de subordinación en posición de las trayectorias de los iones para mantener constantes los radios R de éstas y, por lo tanto, los puntos de focalización, cualesquiera que sean las pequeñas fluctuaciones o las desviaciones de las alimentaciones del campo magnético y de la tensión de aceleración.

Siendo el dispositivo descrito en el invento puramente electrónico, permite obtener una sensibilidad muy alta y un tiempo de respuesta muy pequeño. Presenta igualmente la gran ventaja de ser continuamente eficaz en el tiempo, lo que durante la medición de proporciones isotópicas, aumenta la cantidad de informaciones útiles, en 90% con relación a los métodos generalmente utilizados actualmente y especialmente al método de barrido. Además, los circuitos electrónicos empleados son sencillos y de poco tamaño.

De manera más precisa, el presente invento concierne a un procedimiento de subordinación en posición de los haces de iones en los espectrómetros de masa, especialmente aquellos destinados al análisis isotópico en doble recogida, estando caracterizado dicho procedimiento



por que consiste en recoger un haz iónico no utilizado a  
traves de una ranura de un colector piloto cuya anchura  
es a lo sumo igual a la anchura de la imagen iónica de di-  
cho haz, en medir la diferencia de las corrientes iónicas  
5 recibidas sobre los dos labios aislados con relación a la  
masa de dicha ranura y en subordinar una de las magnitud-  
des que definen los radios de las trayectorias iónicas, de  
preferencia la tensión de aceleración, con objeto de anu-  
lar esta diferencia.

10 En el caso del análisis isotópico del uranio en  
doble recogida, en forma de hexafluoruro de uranio  $UF_6$ , el  
haz recibido por el colector piloto es el que corresponde  
a los iones  $^{238}_{UF_4}$  o  $^{235}_{UF_4}$ ; según que el producto anali-  
zado contenga más de uno u otro isótopo. Los iones  $UF_4$   
15 representan aproximadamente 30% de los iones  $UF_5$  que son  
los más abundantes y que se utilizan para la medición de  
la proporción  $\frac{U_5}{U_8}$ .

El presente invento concierne igualmente al dis-  
positivo que utiliza dicho procedimiento y caracterizado  
20 por que incluye un colector piloto cuyos dos labios metá-  
licos, aislados entre sí, están espaciados una distancia  
a lo sumo igual a la anchura del haz recogido, y un con-  
junto electrónico que hace aparecer una tensión que repre-  
senta el desequilibrio de los haces iónicos recibidos so-  
25 bre dichos labios y que aplican esta señal de error al  
amplificador de regulación de la alimentación de alta ten-  
sión de aceleración de los iones.

De manera ventajosa, el colector piloto y el co-  
lector doble de medición están dispuestos en un mismo  
30 conjunto denominado "conjunto colector".

28 FEB



Otras características y ventajas del presente invento resaltaran de la descripción que sigue, hecha en relación con los dibujos anejos y que ofrece, a titulo explicativo, pero en modo alguno limitativo, una forma de realización del invento, en el caso de un espectrómetro de masa destinado al análisis isotópico del uranio en doble recogida en forma de  $UF_6$ .

En estos dibujos:

La figura 1 es una vista esquemática de conjunto del espectrómetro de masa, que muestra la posición que deben ocupar el colector piloto y los colectores de medición,

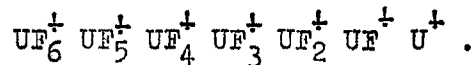
- la figura 2 es una vista desde arriba del conjunto colector,

- la figura 3 es una vista en corte del colector piloto,

- la figura 4 es un esquema de principio del montaje electrónico asociado al dispositivo de subordinación según el invento,

- finalmente, la figura 5 es un ejemplo de montaje electrónico utilizable para subordinar la tensión de aceleración de los iones.

El procedimiento empleado en el dispositivo representado en estas figuras, descansa en el hecho de que la ionización del hexafluoruro de uranio  $UF_6$ , por bombardeo electrónico, dá un espectro compuesto de los iones monocargados:



Siendo los iones  $UF_5^+$  los más abundantes, se utilizan para la medición de la proporción  $\frac{U_5}{U_8}$ .



Ahora bien, para un espectrómetro cuyo radio de curvatura de los haces es del orden de 20 cm, con una inducción de  $B = 7,000$  gauss y una tensión de aceleración  $V = 2.600$  voltios, lo que es corriente para este tipo de espectrómetro, la dispersión de los iones en el colector es tal que las imágenes formadas por los iones  $^{238}\text{UF}_5^+$  y  $^{238}\text{UF}_4^+$  están distantes aproximadamente 10 mm. Dada esta pequeña distancia, resulta de ello que se pueden recoger simultáneamente con los iones  $\text{UF}_5^+$ , los iones  $\text{UF}_4^+$ , que representan el 30% de los iones  $\text{UF}_5^+$ , y utilizar este haz para asegurar la estabilidad de las trayectorias.

En el esquema de conjunto de la figura 1, los iones emitidos por la cámara de ionización 1 son acelerados bajo una tensión  $V$ , y luego sometidos al campo magnético  $B$  creado por un electroimán 2 y llegan finalmente al conjunto colector.

Los haces  $^{238}\text{UF}_5^+$  y  $^{235}\text{UF}_5^+$  utilizados para la medición, se reciben, respectivamente, en los colectores 3 y 4 unidos al amplificador de medición, mientras que el haz piloto  $^{238}\text{UF}_4^+$  se recoge por un colector piloto 5 constituido por una ranura fina cuyos dos labios metálicos están aislados eléctricamente entre sí y con relación a la masa.

El cálculo del punto de convergencia  $C$  de los haces  $^{238}\text{UF}_4^+$  y/o  $^{235}\text{UF}_5^+$ , efectuado en la figura 1 a título de ejemplo para valores dados de la tensión de aceleración  $V$  y del campo magnético analizador  $B$ , da las posiciones relativas del colector piloto 5 y de los colectores de medición 3 y 4. Como lo indican los valores



$y_0 - y = 14,45$  mm y  $x_0 - x = 9,67$  mm, la precisión con la cual ha de ser posicionada la ranura fina que recibe el haz piloto ha de ser de algunas centésimas de milímetro. En consecuencia, debe estar previsto un dispositivo de regulación en posición del colector piloto 5. Este dispositivo será descrito más adelante.

El conjunto colector, representado en detalle en las figuras 2 y 3, está montado en el interior de un bastidor cilíndrico 6, en el eje del cual está dispuesta una caja de protección a través de la abertura 7 de la cual pasan los haces  $238_{UF5}^+$  y  $235_{UF5}^+$  antes de ser recibidos en sus colectores respectivos 3 y 4.

El colector piloto del cual la figura 2 nos muestra una vista desde arriba y la figura 3 una vista en corte, está constituido por un apilamiento de láminas metálicas y de láminas de mica que sirven de aislante. Las dimensiones son del orden de 8 x 20 mm.

Se encuentra en el orden de apilamiento, en el sentido de propagación de los iones:

1) Un diafragma 8 de papel de inox de 0,3 mm de grosor. La ranura de este diafragma es de 1,2 mm. Este diafragma está destinado a eliminar el haz  $235_{UF4}^+$  cuando el haz  $238_{UF4}^+$  se utiliza, e inversamente.

2) Una lámina de mica 9, perforada por una abertura rectangular de 1,2 mm de anchura por 10 mm de longitud en el centro, para aislar la pantalla precedente de la placa colectora siguiente.

3) Una lámina de mica 10 idéntica a la precedente, sobre la cual se engastan en el montaje dos lengüetas de cobre dorado 11 y 11' de 0,3 mm de grosor, que deter-



minan, por su separación, la ranura fina de 20/100 de mm de anchura, siendo esta anchura ajustada de tal manera que sea igual a la anchura de la imagen iónica  $238_{UF_4}^+$  (o  $235_{UF_4}^+$ ).

5 4) Una lámina de mica 12 idéntica a la descrita en 2).

5) Una lámina de cobre dorado 13 de 0,3 mm de grosor unida a la masa.

10 El conjunto de este apilamiento es hecho solidario por dos ojetes metálicos huecos engastados. Los agujeros de estos ojetes se utilizan para su fijación con ayuda de los tornillos 14, sobre un pequeño carro 15 que permite posicionar exactamente el colector piloto. Este pequeño carro está montado sobre dos deslizaderas 16  
15 con bolas de acero, con objeto de evitar el agarrotamiento en vacío.

Es arrastrado por un vástago 17 que viene a alojarse en la horquilla sin holgura 18, prevista a uno de sus lados. El mando del vástago 17 está asegurado de manera estanca, a través de un fuelle metálico, por ejemplo.  
20

Las deslizaderas de bolas 16 están fijas a su vez sobre la placa delantera 19 del conjunto colector.

La regulación de la posición del colector piloto consiste en actuar sobre la tensión V o el campo magnético B con objeto de obtener los haces  $238_{UF_5}^+$  y  $235_{UF_5}^+$   
25 en los colectores de medición 3 y 4, y luego en desplazar el colector piloto por el mando estanco con objeto de llevar la imagen  $238_{UF_4}^+$  (o  $235_{UF_4}^+$ ) a formarse exactamente sobre la ranura fina que constituyen las dos lengüetas de  
30 cobre 11 y 11'. Las conexiones de las placas colectoras



aisladas 11 y 11' se efectúan por trenzas flexibles 20, para no estorbar el movimiento por medio de pasos aislantes 21 a través de la placa delantera 19.

5 El dispositivo de subordinación según el invento funciona de la manera siguiente: cuando los haces 235<sub>UF5</sub><sup>+</sup> y 238<sub>UF5</sub><sup>+</sup> están centrados sobre sus ranuras colectoras, el haz 238<sub>UF4</sub><sup>+</sup> (o 235<sub>UF4</sub><sup>+</sup>) está centrado exactamente sobre la ranura fina del colector piloto. Esta corriente de iones atraviesa una resistencia 22 o 22' de gran valor (del orden de 10<sup>9</sup>Ω) y ataca una de las entradas de un amplificador diferencial 23 según el esquema de la figura 4.

15 Si V<sub>1</sub> y V<sub>2</sub> son las tensiones que aparecen en las resistencias de altos valores 22 y 22', se dispone a la salida de este amplificador de una tensión E que representa el desequilibrio de los haces iónicos recibidos en los colectores 11 y 11' tal que:

$$E = G (V_1 - V_2)$$

20 donde G es la ganancia diferencial del amplificador, pudiendo ser esta ganancia igual o superior a 1.

Esta tensión de error E se aplica a la alimentación de alta tensión V, de manera que ésta tome un valor tal que los haces de iones se vuelvan a centrar exactamente sobre los colectores.

25 Los montajes electrónicos que permiten realizar este mando de la tensión V son diversos. Un medio cómodo consiste en utilizar amplificadores operativos transistorizados que tienen la ventaja de estar miniaturizados y de poseer altos rendimientos para el precio relativamente mód-  
30 dico. La figura 5 ofrece, a título de ejemplo, el montaje



que puede ser utilizado.

En esta figura, se ha representado en 24 y 25 dos amplificadores operativos diferenciales (resistencia de entrada  $10^{12} \Omega$ ) cuyas entradas negativas se utilizan para asegurar una contrarreacción regulable que permite equilibrar las ganancias de manera que la tensión diferencial E de salida sea nula para los valores nominales de B y V.

Un aparato de medición 26 permite leer esta tensión E y regularla a cero en ausencia de señal en los labios 11 y 11'.

Esta tensión E se aplica por los interruptores 27 y 28 a la entrada de un amplificador 29 disimétrico, con objeto de disponer de una tensión E' con relación a la masa.

Esta tensión E' ataca la base de un transistor 30 (tipo NPN 238) puesto en serie en la cadena de regulación 31 de la alimentación V y convenientemente polarizado por las resistencias 32 y 33.

Este transistor está colocado en la cadena de regulación 31 en un punto tal que su tensión emisor-colector sea del orden de 5 voltios.

Este transistor se comporta entonces como una resistencia variable mandada por la tensión E'.

La tensión en el punto O depende, pues, de la tensión de error E. Esta tensión en el punto O manda el amplificador 34 de regulación de la alimentación V, 35.

Los amplificadores 24 y 25 son amplificadores Philbrick P 25AU.

El amplificador 29 es del tipo Philbrick P 85AU.



El amplificador 34 forma parte normalmente de una alimentación de alta tensión estabilizada.

5 Es evidente que el presente invento se ha descrito más arriba a título explicativo, pero en modo alguno limitativo, y que se podrán introducir en el mismo cualesquiera modificaciones de detalle sin salir de su marco.

10 Se sobreentiende, por ejemplo, que montajes de tubos son equivalentes excepto que siendo diferentes los niveles de tensiones, los puntos de ataque del amplificador 34 no serán los mismos.

15 Así, en lugar de los amplificadores 24 y 25, se pueden utilizar dos tubos electrometros seguidos de un paso diferencial constituido por un tubo 12 A x 7. La salida diferencial de este tubo se utiliza para atacar en diferencial el primer paso, diferencial a su vez, del amplificador 34 de regulación.

20 Conviene igualmente señalar que se puede actuar, no ya sobre la tensión de aceleración de los iones, sino sobre la intensidad del campo magnético de deflexión para realizar la subordinación. Esta solución es, sin embargo, frecuentemente más delicada de utilizar, debido a los efectos de saturación de los circuitos magnéticos del electroimán de deflexión.

25 Finalmente, se puede considerar aplicar el invento a la extracción isotópica por vía electromagnética.

30 La presente solicitud que corresponde a la presentada en Francia, con fecha 21 de febrero de 1967, bajo el nº PV 95866, se acoge a los beneficios del artº 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.



## N O T A

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de la presente solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los siguientes:

5                   1.- Procedimiento de subordinación en posición de los haces de iones en los espectrómetros de masa, especialmente los destinados al análisis isotópico en doble recogida, caracterizado porque consiste en recoger un haz iónico, no utilizado, a través de la ranura de un  
10                   colector piloto, cuya anchura es a lo sumo igual a la anchura de la imagen iónica de dicho haz, y en medir la diferencia de las corrientes iónicas recibidas en los dos labios, aislados con relación a la masa, de dicha ranura y en subordinar una de las magnitudes que definen los ra-  
15                   dios de las trayectorias iónicas, con objeto de anular esta diferencia.

                  2.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque dicha magnitud es la tensión de aceleración de los iones.

20                   3.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque dicha magnitud es la intensidad del campo magnético de deflexión de los iones.

                  4.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque durante el análisis isotópico del uranio en forma de  $UF_6$ , el haz recibido en el colector piloto es el haz de los iones  $^{238}UF_4^+$  o el de los iones  $^{235}UF_4^+$



según que el producto analizado contenga más de uno u. otro isótopo.

5 5.- Dispositivo de puesta en práctica del procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por  
que incluye un colector piloto cuyos dos labios metálicos, aislados entre sí, están espaciados una distancia  
a lo sumo igual a la anchura del haz recogido, y un conjunto electrónico que hace aparecer una tensión que  
representa el desequilibrio de los haces iónicos recibidos  
10 en dichos labios y que aplica esta señal de error al amplificador de regulación de la alimentación de alta tensión de aceleración de los iones.

15 6.- Dispositivo según la reivindicación 5, caracterizado porque dicho colector piloto está constituido por un apilamiento que comprende, en el sentido de propagación de los iones: un diafragma metálico, una lámina de mica perforada por una abertura rectangular, una lámina de mica idéntica a la precedente sobre la cual están  
engastadas dos lengüetas de cobre que determinan los labios del colector piloto, una lámina de mica idéntica a  
20 la primera, una lámina de cobre unida a la masa.

25 7.- Dispositivo según la reivindicación 5, caracterizado porque el colector piloto está dispuesto sobre un carro manipulable desde el exterior, con objeto de regular rigurosamente su posición con relación al colector de medición fijo.

30 8.- Dispositivo según la reivindicación 5, caracterizado porque los dos labios metálicos del colector piloto están unidos a la entrada del conjunto electrónico de subordinación.

28



9.- Procedimiento de subordinación en posición de los haces de iones en los espectrómetros de masa.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y para los fines que se han especificado.

5

La presente Memoria consta de 15 hojas escritas a máquina por una sola cara.

28 FEB 1968

Madrid,

P.A.

Alberto de Galarza  
Por Encargo

RM

24.2.1968

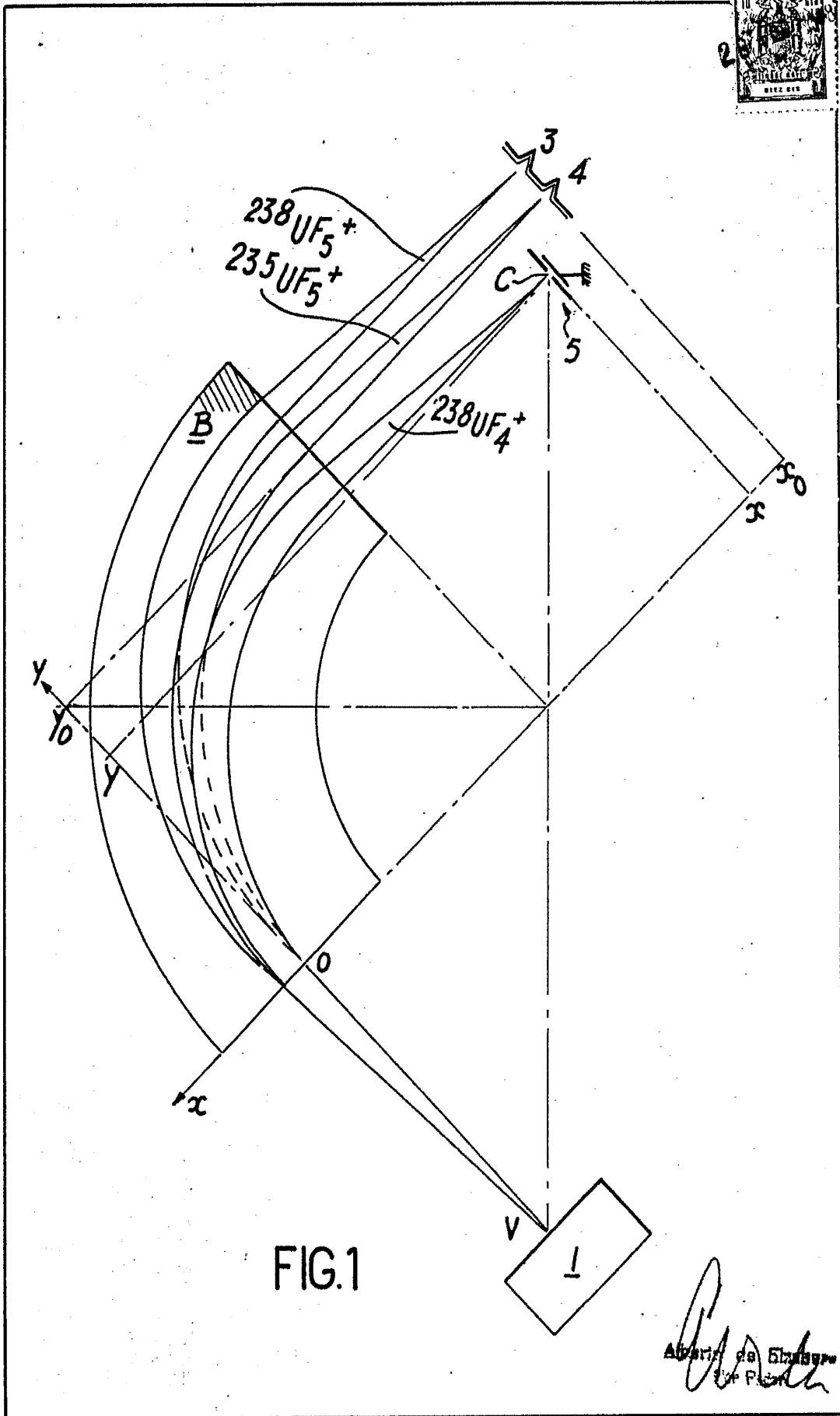


FIG.1

POOR QUALITY

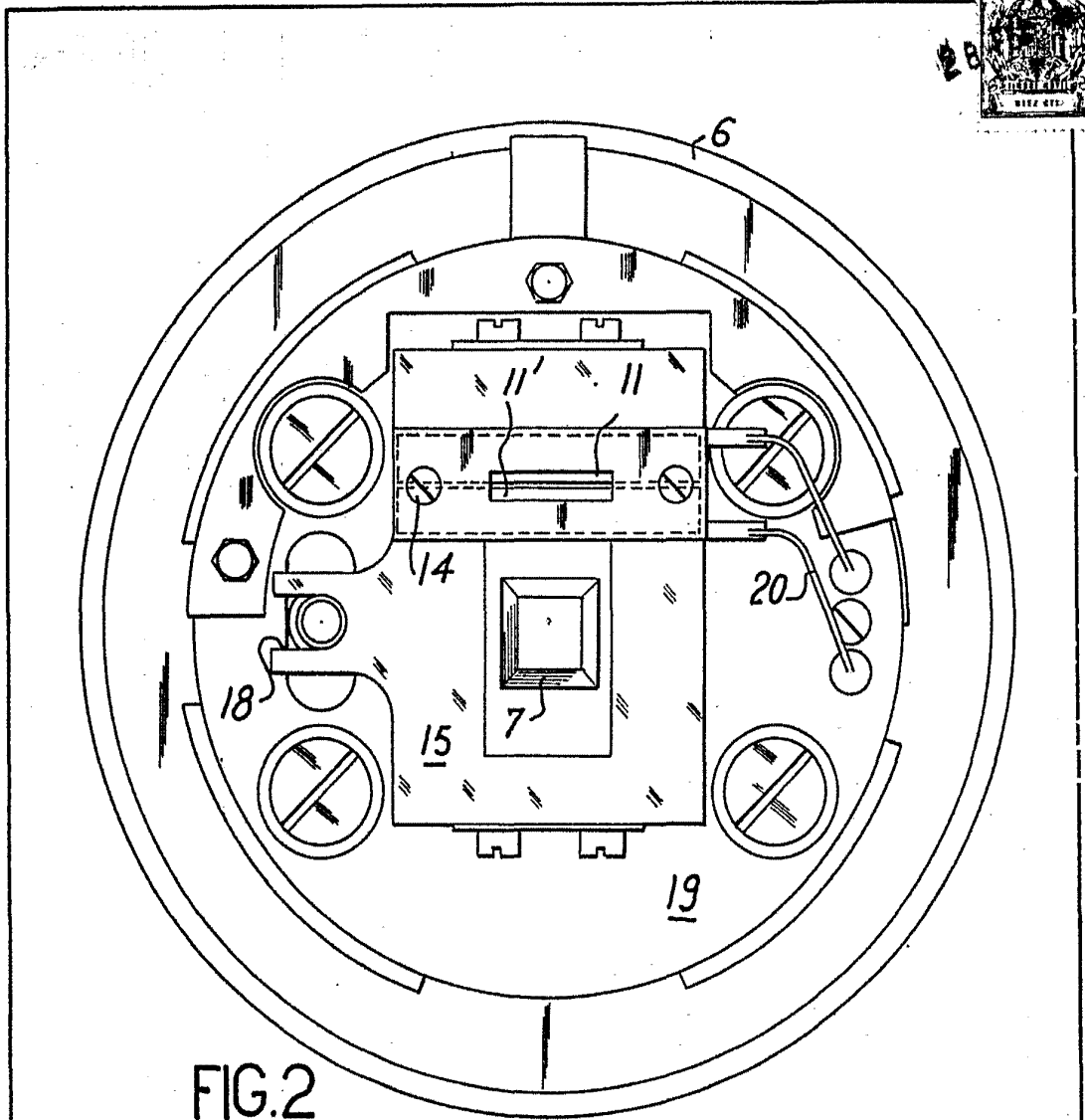


FIG. 2

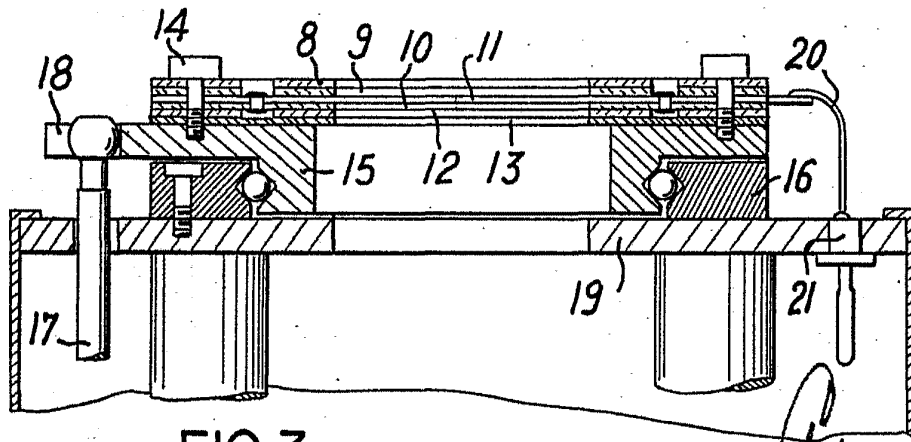


FIG. 3

*Handwritten signature*  
Attesté par le Directeur  
de l'Établissement

**POOR  
QUALITY**

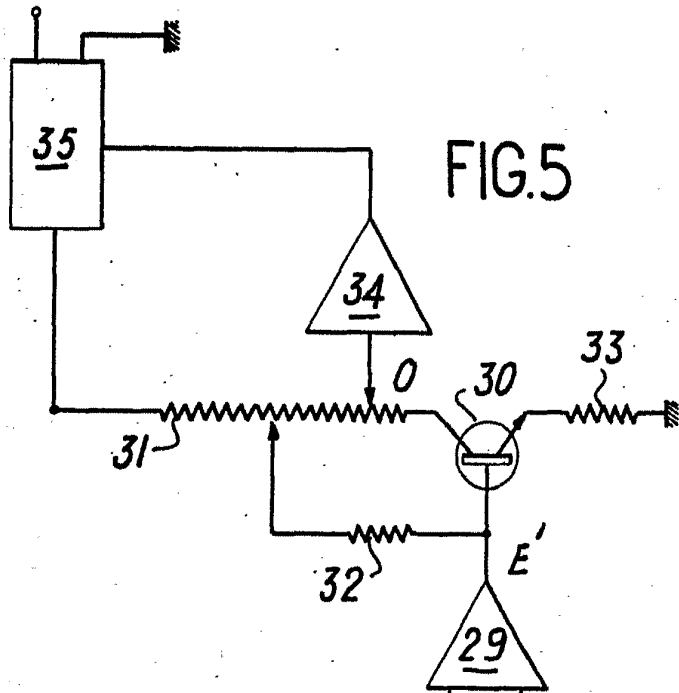
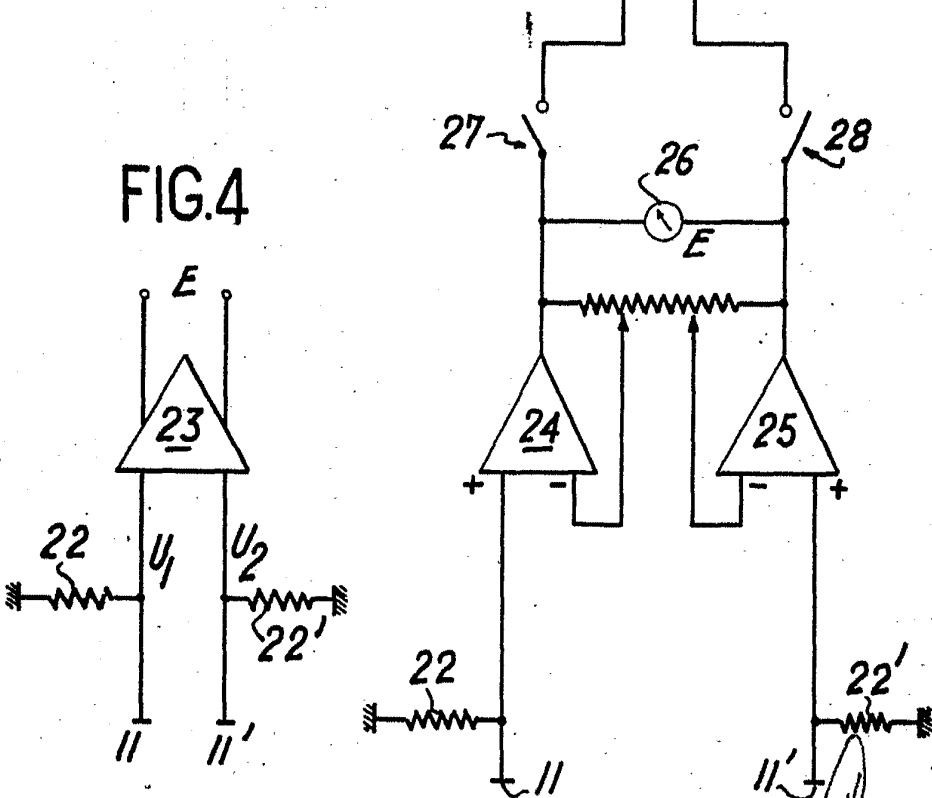


FIG.5

FIG.4



*Handwritten signature or initials.*