



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 365 653**

51 Int. Cl.:
G01T 1/169 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08843228 .1**

96 Fecha de presentación : **20.10.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **2201407**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **30.06.2010**

54 Título: **Procedimiento para determinar una dosis de radiación y procedimiento para determinar una curva de isodosis asociada.**

30 Prioridad: **22.10.2007 FR 07 58465**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
07.10.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
07.10.2011

73 Titular/es: **Commissariat a l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives**
Bâtiment "Le Ponant D"
25, rue Leblanc
75015 Paris, FR

72 Inventor/es: **Masse, Véronique y**
Chiron, Maurice

74 Agente: **Justo Bailey, Mario de**

ES 2 365 653 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

Procedimiento para determinar una dosis de radiación y procedimiento para determinar una curva de isodosis asociada

5

Ámbito técnico y técnica anterior

La invención se refiere a un procedimiento de determinación de dosis de radiación, así como a un procedimiento de determinación de curva de isodosis a partir de dosis determinadas por el procedimiento de la invención.

10

Las curvas de isodosis son, para una radiación dada, líneas o superficies ficticias a cuyo nivel una dosis de radiación es sensiblemente constante. En el resto de la descripción, el término "radiación" se entenderá como una radiación gamma, una emisión de neutrones o una emisión de partículas alfa.

15

Se conoce la publicación titulada "Use of simulation technology for prediction of radiation dose in nuclear power plant" (Institution of Electrical Engineers, Stevenage, BG, 2004).

Este documento describe un procedimiento de determinación de dosis de radiaciones emitidas por una fuente de material fisible en una instalación.

20

Este procedimiento requiere, implícitamente, una etapa de determinación del número de fisiones que se producen, en función del tiempo, en el material fisible, así como una etapa de determinación de los coeficientes de atenuación de los "materiales pantalla" de la instalación.

25

Las instalaciones que contienen material fisible presentan un riesgo de accidente de criticidad a pesar de todas las disposiciones aplicadas para limitar este riesgo. Las consecuencias de un accidente de criticidad son, entre otras, el riesgo de una exposición externa importante a radiaciones emitidas y el riesgo de una exposición interna por dispersión de productos radiactivos en la instalación y/o el entorno. La invención se aplica a la gestión del riesgo de exposición externa.

30

Cuando ocurre un accidente de criticidad en una instalación, es importante, por motivos de seguridad, determinar cómo se reparten las radiaciones nocivas resultantes del accidente. Según la técnica conocida, las dosis de radiación se calculan manualmente con la ayuda de ábacos. Estos cálculos por medio de ábacos se efectúan en planos horizontales de la instalación. Si los cálculos en el plano de la fuente (plano horizontal de la instalación que contiene la fuente emisora de las radiaciones nocivas) conducen a una correcta descripción del reparto de las dosis de radiación, los cálculos en los planos paralelos al plano de la fuente conducen a una descripción más compleja de este reparto. Además, debido al carácter manual de los cálculos, los riesgos de error no son despreciables y los tiempos de cálculo pueden ser largos.

35

40

La invención no presenta estos inconvenientes.

Descripción de la invención

En efecto, la invención se refiere a un procedimiento de determinación de dosis de radiación emitida por una fuente de material fisible en una instalación que incluye las siguientes etapas:

45

- determinación de un número de fisiones que se producen, en función del tiempo, en el material fisible de la fuente,
- determinación de coeficientes de atenuación de materiales que constituyen las paredes verticales y los suelos de la instalación y, más generalmente, cualquier pantalla que pueda colocarse en la trayectoria de la radiación emitida,
- determinación, a partir de datos geométricos descriptivos de la instalación, entre un plano fuente sensiblemente perpendicular a las paredes verticales de la instalación y que contiene un punto fuente representativo de la fuente de radiación y un plano de visualización paralelo al plano fuente, de un conjunto de planos característicos perpendiculares al plano fuente y que contienen, cada uno, el punto fuente y al menos una arista de unión entre dos paredes verticales de la instalación,
- barrido angular de los planos característicos alrededor de un eje perpendicular al plano fuente y que pasa por el punto fuente para definir al menos un plano de cálculo,
- determinación, para el plano de cálculo, de un conjunto de rectas características, pasando cada recta característica por el punto fuente y por al menos un punto situado en la unión de dos aristas de unión,
- en una recta de cálculo situada en la intersección del plano de visualización y del plano de cálculo, determinación de posiciones de puntos de intersección entre la recta de cálculo y las rectas características,
- entre los puntos de intersección presentes en la recta de cálculo, selección de los puntos de intersección Δ_j situados en zonas al aire libre de la instalación,
- cálculo de la dosis de radiación $d(\Delta_j)$ presente en cada punto Δ_j , a partir del número de fisiones en función del tiempo, de una distancia que separa el punto fuente del punto Δ_j y de los coeficientes de atenuación de

50

55

60

65

los materiales constitutivos de las paredes verticales y/o de los suelos y/o de cualquier pantalla que separen el punto fuente del punto Δ_j .

5 La invención se refiere asimismo a un procedimiento de determinación de curvas de isodosis de una radiación emitida por una fuente de material fisible en una instalación, caracterizado porque incluye sucesivamente:

- un procedimiento de determinación de dosis según la invención, y
- una comparación de las dosis $d(\Delta_j)$ determinadas por el procedimiento de la invención con intervalos de dosis predeterminados de tal manera que:
 - 10 • si dos dosis calculadas $d(\Delta_j)$ y $d(\Delta_{j+1})$ para dos puntos de intersección seleccionados consecutivos Δ_j y Δ_{j+1} pertenecen a un mismo intervalo de dosis, se asigna una misma zona de pertenencia entre los dos puntos calculados, y
 - de lo contrario, se busca, por dicotomía, uno o varios puntos Δ_k cuya dosis (Δ_k) es un límite de intervalo de dosis, asignándose una misma zona de pertenencia entre dos puntos consecutivos pertenecientes al mismo intervalo de dosis,
- 15 - una formación de la curva de isodosis a lo largo de la recta de cálculo, en función de las zonas de pertenencia asignadas a las dosis de radiación calculadas.

20 Al diseñar una instalación que debe contener material fisible, la aplicación del procedimiento de la invención permite ventajosamente efectuar un análisis de las consecuencias de un posible futuro accidente de criticidad, con objeto de:

- definir las vías de evacuación de la instalación,
- determinar puntos de reunión en la instalación,
- posicionar las sondas de detección de accidente de criticidad,
- 25 - balizar las áreas con riesgo de exposición externa en las proximidades de la instalación, si existen.

Cuando ocurre un accidente de criticidad en una instalación, el procedimiento de la invención permite ventajosamente efectuar, en tiempo real:

- 30 - una evaluación de los potenciales riesgos de exposición externa de los trabajadores situados en la instalación o a proximidad de la misma,
- la implantación de medios o procedimientos necesarios para la gestión de la crisis respecto de la instalación, complementando las actuaciones ligadas al plan de emergencia.

35 Los procedimientos de la invención se ponen en funcionamiento preferiblemente por medio de un ordenador.

Breve descripción de los dibujos

40 Otras características y ventajas de la invención aparecerán en una realización preferida, descrita con referencia a las figuras adjuntas, en las cuales:

- la figura 1 representa, de manera simbólica, un ejemplo de instalación que contiene material fisible en el que es susceptible de producirse un accidente de criticidad,
- la figura 2 representa un cuadro sinóptico del procedimiento de determinación de dosis de la invención,
- 45 - la figura 3 representa un cuadro sinóptico del procedimiento de determinación de curva de isodosis de la invención,
- la figura 4 representa una vista en corte de un volumen de la instalación en el que se calculan las dosis según el procedimiento de la invención,
- la figura 5 representa un conjunto de planos característicos útiles para el cálculo de dosis según el procedimiento de la invención,
- 50 - la figura 6 representa un conjunto de rectas características útiles para el cálculo de dosis según el procedimiento de la invención,
- la figura 7 representa un ejemplo de reparto de curvas de isodosis obtenidas en un plano de visualización, según el procedimiento de la invención.

55 En todas las figuras, las mismas referencias designan los mismos elementos.

Descripción detallada de modos de realización particulares

60 La figura 1 representa, de forma simbólica, un ejemplo de instalación en la que es susceptible de producirse un accidente de criticidad.

La instalación está constituida, por ejemplo, por un edificio de varios pisos, con varias estancias en cada piso. Distintos sensores de medición C_{nm} están repartidos en las distintas estancias de la instalación. Los sensores C_{nm} se destinan, en el caso de un accidente de criticidad real, a efectuar mediciones de las radiaciones que permiten identificar la fuente emisora de la radiación nociva. Los sensores C_{nm} son, por ejemplo, cámaras de ionización,

sensores proporcionales, etc. La instalación se localiza en un triedro directo (x, y, z) de manera que el eje z es el eje vertical según el cual se define la altura de la instalación y el plano (x, y) es un plano horizontal para la instalación.

5 La figura 2 representa un cuadro sinóptico de las distintas etapas del procedimiento de determinación de dosis de la invención (etapas 1-9).

10 El procedimiento de la invención empieza con tres etapas de lectura de datos, es decir una etapa 1 de lectura de datos de geometría de la instalación, una etapa 2 de lectura de datos de fuente y una etapa 3 de lectura de datos de trazado. El orden en el que se efectúan las etapas de lectura 1 a 3 es indiferente, pudiendo efectuarse estas tres etapas simultáneamente.

15 Los datos geométricos de la instalación G leídos en la etapa 1 son representativos de la configuración volumétrica del edificio (las distintas estancias del edificio, la envuelta del edificio) y de la configuración geométrica de las pantallas de protección que están presentes en el edificio.

20 Los datos de fuente S leídos en la etapa 2 son datos relativos a la fuente que emite las radiaciones. Están constituidos por el número de fisiones que se producen, en función del tiempo, en el lugar del accidente, datos geométricos que describen la geometría de la cuba en la que se ha producido el accidente (fuente puntual o fuente volumétrica) y datos del medio que caracterizan el medio en el que se ha producido el accidente (medio líquido, polvo, metal). Estos datos se obtienen, por una parte, a partir de mediciones de radiación proporcionadas por los sensores que han detectado el accidente de criticidad y, por otra, a partir de información previamente grabada relativa a los distintos productos presentes en la instalación.

25 Los datos de trazado T incluyen:

- datos umbral que definen intervalos de dosis predeterminados en los que se repartirán las dosis calculadas, y
- datos geométricos relativos a los puntos de la instalación donde se desea que se calculen las dosis (plano(s) de visualización, zona(s) particular(es) o punto(s) particular(es) de la instalación).

30 Las etapas de lectura 1, 2 y 3 van seguidas de una etapa 4 de evaluación de los coeficientes de atenuación $K(M_k)$ ($k=1, 2, \dots, n$) de los distintos materiales (M_k ($k=1, 2, \dots, n$) que componen la instalación y de datos teóricos $D_o(P)$ que representan las dosis de radiación que estarían presentes, en ausencia de cualquier pared o pantalla, en distintos puntos P de la instalación. La etapa de cálculo 4 de los coeficientes $K(M_k)$ y de los datos $D_o(P)$ se efectúa a partir de los datos G y S, de datos T y de datos internos I que incluyen un modelo matemático de coeficiente de atenuación para cada tipo de material. De manera preferente, un coeficiente de atenuación se presenta en forma de ecuación polinómica. A título de ejemplo no limitativo, un coeficiente de atenuación $K(M_k)$ de un material M_k atravesado por una radiación se escribe con la forma:

$$40 \quad K(M_k) = aX + bY + cXY + dX^2 + eY^2 + fZ + gW$$

45 Los coeficientes a, b, c, d, e, f, g son parámetros conocidos de valor fijo que son característicos del material M_k del que se intenta evaluar el coeficiente de atenuación. Las magnitudes X, Y, Z son variables características de la fuente de radiación y la magnitud W es una variable que representa el grosor del material M_k atravesado (W se precisará posteriormente). De manera más precisa, la variable X depende del tipo de fuente (líquido, polvo, metal), la variable Y depende del volumen de la fuente y la variable Z depende del tiempo que ha transcurrido entre el accidente y el momento en que se determina el coeficiente. Los coeficientes a, b, c, d, e, f y g son datos que pertenecen al conjunto de datos I mencionado anteriormente. Los datos X, Y, Z son datos que pertenecen al conjunto de datos S y el dato W se calcula a partir de los datos geométricos G y de datos de trazado T.

50 Para un tipo de fuente dado, la cantidad $aX + bY + cXY + dX^2 + eY^2 + fZ$ es un término constante K_o . De este modo, la magnitud $K(M_k)$ se expresa en forma de función de la única variable W, es decir:

$$55 \quad K(M_k) = g \times W + K_o$$

De manera más general, los datos internos I incluyen, además de las ecuaciones matemáticas de los coeficientes de atenuación y los coeficientes a, b, c, d, e, f, g, los siguientes datos:

- 60 - las unidades en las que se desea que se calculen las dosis (dosis en el aire Gy o equivalente de dosis Sv), y
- las condiciones del cálculo de los coeficientes de atenuación (coeficientes de corrección de distancia entre la fuente y los puntos de cálculo).

65 En paralelo a la etapa de cálculo 4 se efectúan cuatro etapas de cálculo elementales 5, 6, 7 y 8. La etapa 5 es una etapa de determinación de planos característicos útiles para el cálculo de dosis. A título de ejemplo no limitativo, la

figura 5 representa un conjunto de planos característicos P_j . La figura 5 representa una vista en corte de la instalación según el plano horizontal P_E que contiene el punto E al que está asimilada la fuente emisora de las radiaciones nocivas. Los planos característicos están contruidos entre el plano P_E y un plano de visualización P_V . El plano de visualización P_V es un plano paralelo al plano P_E en el que se calculan las dosis (véase la figura 4). El plano de visualización P_V es un dato fijado mediante los datos de trazado T. Cada plano característico P_j es un plano vertical, es decir un plano perpendicular a los planos horizontales P_E y P_V , que contiene el punto E al que está asimilada la fuente emisora de las radiaciones nocivas y al menos una arista de unión entre dos paredes verticales incluidas entre los planos P_E y P_V . El conjunto de todos los planos que es posible construir según la regla precisada anteriormente constituye los planos característicos de la invención. En consecuencia, están afectadas todas las aristas de todas las estancias incluidas entre P_E y P_V y que son perpendiculares a los planos P_E y P_V . El conjunto de planos característicos se selecciona a partir de los datos geométricos G.

En la etapa 6 del procedimiento de la invención, se efectúa a continuación un barrido entre los planos característicos P_j con el fin de determinar distintos planos de cálculo P_C . Los planos de cálculo P_C se obtienen entonces mediante rotación, con un paso angular θ , de los planos característicos P_j alrededor de un eje Z_p perpendicular a los planos P_E y P_V y que pasan por el punto fuente E. Cada plano de cálculo P_C es un plano en el que se efectúa un cálculo de dosis, según una dirección dada, como se describe a continuación, a título de ejemplo no limitativo, en un plano de cálculo particular, en referencia a la figura 6.

A la etapa 6 de determinación de los planos de cálculo le sigue una etapa 7 de determinación de rectas características Q_j en cada plano de cálculo. Para un plano de cálculo dado, una recta característica Q_j pasa por el punto fuente E y por al menos un punto situado en la unión de dos aristas situadas en el plano de cálculo. Todas las rectas que es posible construir según la regla precisada anteriormente constituyen el conjunto de rectas características Q_j de la invención para el plano de cálculo considerado. Por cada construcción, un plano de cálculo P_C se divide en dos semiplanos simétricos entre sí con relación al eje vertical Z_p . El conjunto de rectas características relativas a un plano de cálculo se divide, por lo tanto, en dos semiconjuntos de rectas características. La figura 6 ilustra, a título de ejemplo no limitativo, un semiconjunto de rectas características para el plano de cálculo P_C de la figura 5. El semiplano de cálculo corta el plano de visualización P_V según una recta D de vector unitario \vec{u} . Se determina entonces un conjunto de puntos característicos Δ_j pertenecientes a la recta D (etapa 8 del procedimiento de la invención). Se obtiene un punto característico Δ_j mediante la intersección de una recta característica Q_j y de la recta D. La figura 6 representa, a título de ejemplo, una sucesión de puntos característicos $\Delta_0, \Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$. Los puntos característicos Δ_j poseen una posición geométrica conocida en la instalación. La estructura de la instalación entre el punto fuente E y cada uno de los puntos Δ_j es asimismo conocida (véase la figura 6). De este modo, a partir de los datos calculados anteriormente $D_0(P)$ y $K(M_k)$ de la posición conocida de los puntos Δ_j con relación a la fuente emisora E y de la estructura conocida de la instalación entre la fuente E y los puntos Δ_j , se puede calcular la dosis de radiación $d(\Delta_j)$ presente en cada punto Δ_j (etapa 9 del procedimiento de la invención).

La recta de cálculo D está constituida por zonas al aire libre y zonas de pared o pantalla. El cálculo de las dosis sólo presenta un interés real en las zonas al aire libre. Por lo tanto, sólo se efectúa el cálculo de las dosis $d(\Delta_j)$ preferiblemente para los puntos Δ_j situados en las zonas al aire libre.

El cálculo de la dosis en un punto Δ_j se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$d(\Delta_j) = D_0(P) \times C_d \times \sum_k K(M_k)$$

- $D_0(P)$ es la dosis calculada, en ausencia de paredes y pantallas, en un punto arbitrario predeterminado P situado, en la trayectoria de la radiación, a una distancia l_0 del punto fuente E (en el caso de una fuente volumétrica, el punto E es el centro del volumen de la fuente),
- C_d es un coeficiente de corrección de distancia tal que:

$$C_d = \frac{l_0^2}{l^2},$$

donde l_0 es la distancia mencionada anteriormente e l la distancia desde el punto fuente E hasta el punto Δ_j ,

- $K(M_k)$ es el coeficiente de atenuación del material M_k mencionado anteriormente.

A continuación, se precisa el coeficiente de atenuación $K(M_k)$. Como ya se ha mencionado anteriormente, el coeficiente de atenuación de un material M_k atravesado por la radiación se escribe:

$$K(M_k) = g \times W + K_0$$

donde la magnitud W representa la distancia recorrida por la radiación a través del material M_k . De manera preferente, se define la magnitud W en función del ángulo α que forma la dirección de la radiación que atraviesa la pared o pantalla de material M_k con la normal al plano de dicha pared o dicha pantalla:

- 5
- Para un ángulo α incluido entre 0° y un valor límite predeterminado α_{lim} ($0 < \alpha_{lim} < \pi/2$), W es el grosor real de material atravesado, y
 - Para un ángulo α incluido entre el valor límite predeterminado α_{lim} y $\pi/2$, W es el valor W_{lim} del grosor de la pared o pantalla que corresponde al ángulo α_{lim} .

- 10 Se elige la cantidad α_{lim} de manera a no subestimar la dosis $d(\Delta_j)$ para los ángulos importantes. Dicha cantidad α_{lim} varía con el tipo de radiación.

15 La figura 3 representa un cuadro sinóptico del procedimiento de determinación de curvas de isodosis de la invención. El procedimiento de determinación de curvas de isodosis repite el conjunto de etapas 1-9 descritas anteriormente y una etapa 10 adicional de reparto de las dosis calculadas en intervalos de dosis de valores predeterminados.

20 A continuación, se describe un ejemplo de dicho reparto en el que las dosis $d(\Delta_j)$ se reparten en n intervalos de dosis $[d_i, d_{i+1}]$ ($i=1,2,\dots,n$).

El reparto de las dosis calculadas en los distintos intervalos de dosis se efectúa así:

- 25
- si las dosis $d(\Delta_j)$ y $d(\Delta_{j+1})$ calculadas para dos puntos característicos sucesivos Δ_j y Δ_{j+1} de una misma zona al aire libre pertenecen a un mismo intervalo $[d_i, d_{i+1}]$, se asigna entonces una misma zona Z entre dichos puntos;
 - de lo contrario, se calcula la dosis d ($(\delta D + \delta D + i) / 2$) en el punto medio $(\delta D + \delta D + i) / 2$ y se busca, por dicotomía, uno o varios puntos Δ_k cuya dosis $d(\Delta_k)$ es un límite de intervalo de dosis, asignándose una misma zona de pertenencia entre dos puntos consecutivos pertenecientes al mismo intervalo de dosis.
- 30

35 Es posible obtener entonces, para una misma recta de cálculo D , una curva de isodosis $C(Z_i)$ en función de distintas zonas Z_i (etapa 10 del procedimiento). Obtenidas para el conjunto de rectas de cálculo, es decir para el conjunto de planos de cálculo, las curvas de isodosis $C(Z_i)$ constituyen una superficie de isodosis en el conjunto del plano de visualización P_v . A título de ejemplo no limitativo, la figura 7 ilustra un reparto de las dosis calculadas en cinco zonas $Z1-Z5$.

40 En el caso particular en que el plano de visualización es el plano horizontal P_E que contiene el punto fuente E , todas las paredes y pantallas son atravesadas perpendicularmente a su superficie ($\alpha = 0$). Los valores de los coeficientes de atenuación son entonces valores constantes K . De este modo, los cálculos quedan ventajosamente muy simplificados.

45 Si las dosis $d(\Delta_j)$ y $d(\Delta_{j+1})$ no pertenecen al mismo intervalo $[d_i, d_{i+1}]$, la distancia l que separa el punto fuente E de un punto Δ_j donde la dosis de radiación $d(\Delta_j)$ corresponde a un límite de intervalo se expresa sencillamente mediante la ecuación:

$$l = l_0 \times \sqrt{\frac{D_0(P)}{d_k} \times \sum_k K(M_k)}$$

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de determinación de dosis de radiación emitida, de manera real o simulada, por una fuente de material fisible en una instalación, que incluye las siguientes etapas:

- 5 - determinación de un número de fisiones que se producen, en función del tiempo, en el material fisible de la fuente,
- determinación de coeficientes de atenuación de materiales que constituyen las paredes verticales y los suelos de la instalación y, más generalmente, cualquier pantalla que pueda colocarse en la trayectoria de la radiación emitida,
- 10 - determinación, a partir de datos geométricos descriptivos de la instalación, entre un plano fuente (P_E) sensiblemente perpendicular a las paredes verticales de la instalación y que contiene un punto fuente (E) representativo de la fuente de radiación y un plano de visualización (P_V) paralelo al plano fuente, de un conjunto de planos característicos (P_j) perpendiculares al plano fuente y que contienen, cada uno, el punto fuente (E) y al menos una arista de unión entre dos paredes verticales de la instalación,
- 15 - barrido angular (θ) de los planos característicos alrededor de un eje (Z_p) perpendicular al plano fuente y que pasa por el punto fuente (E) para definir al menos un plano de cálculo (P_o),
- determinación, para el plano de cálculo, de un conjunto de rectas características (Q_j), pasando cada recta característica por el punto fuente (E) y por al menos un punto situado en la unión de dos aristas de unión,
- 20 - en una recta de cálculo (D) situada en la intersección del plano de visualización y del plano de cálculo, determinación de posiciones de puntos de intersección entre la recta de cálculo y las rectas características,
- entre los puntos de intersección presentes en la recta de cálculo, selección de los puntos de intersección Δ_j situados en zonas al aire libre de la instalación,
- 25 - cálculo de la dosis de radiación $d(\Delta_j)$ presente en cada punto Δ_j , a partir del número de fisiones en función del tiempo, una distancia que separa el punto fuente (E) del punto Δ_j y los coeficientes de atenuación de los materiales constitutivos de las paredes verticales y/o de los suelos y/o de cualquier pantalla que separan el punto fuente (E) del punto Δ_j .

2. Procedimiento de determinación de curvas de isodosis de una radiación emitida, de manera real o simulada, por una fuente de material fisible en una instalación, caracterizado porque incluye sucesivamente:

- 35 - un procedimiento de determinación de dosis según la reivindicación 1, y
- una comparación de las dosis $d(\Delta_j)$ determinadas por el procedimiento de la reivindicación 1 con intervalos de dosis predeterminados de tal manera que:
 - si dos dosis calculadas $d(\Delta_j)$ y $d(\Delta_{j+1})$ para dos puntos de intersección seleccionados consecutivos Δ_j y Δ_{j+1} pertenecen a un mismo intervalo de dosis, se asigna una misma zona de pertenencia (Z_i) entre los dos puntos calculados, y
 - 40 • de lo contrario, se calcula una dosis de radiación $d((\Delta_j + \Delta_{j+1}) / 2)$ en el punto medio situado entre los dos puntos consecutivos Δ_j y Δ_{j+1} y se busca, por dicotomía, uno o varios puntos Δ_k cuya dosis $d(\Delta_k)$ es un límite de intervalo de dosis, asignándose una misma zona de pertenencia entre dos puntos consecutivos pertenecientes al mismo intervalo de dosis,
- 45 - una formación de la curva de isodosis a lo largo de la recta de cálculo, en función de las zonas de pertenencia asignadas a las dosis de radiación calculadas.

3. Procedimiento según la reivindicación 2, en el que el barrido angular se efectúa sobre 360 grados, de manera que se reúne un conjunto de curvas de isodosis establecidas a lo largo de un conjunto de rectas de cálculo, para constituir una representación de las isodosis en el conjunto del plano de visualización.

4. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la dosis de radiación presente en el punto de intersección seleccionado viene dada por la ecuación:

$$d(\Delta_j) = D_0(P) \times C_d \times \sum_k K(M_k)$$

donde

- 55 - $D_0(P)$ es la dosis calculada, en ausencia de toda pantalla y de pantallas, en un punto arbitrario predeterminado (P) situado, en la trayectoria de la radiación que se propaga entre el punto fuente (E) y el punto Δ_j , a una distancia l_0 del punto fuente (E),
- C_d es un coeficiente de corrección de distancia tal que:

$$C_d = \frac{l_0^2}{l^2},$$

60 donde l_0 es la distancia mencionada anteriormente y l la distancia desde el punto fuente (E) hasta el punto Δ_j , y

- $K(M_k)$ es el coeficiente de atenuación calculado de un material M_k atravesado por una radiación que se propaga entre el punto fuente (E) y el punto Δ_j .

5. Procedimiento según la reivindicación 4, en el que el coeficiente de atenuación $K(M_k)$ viene dado por la fórmula:

$$K(M_k) = g \times W + K_0, \text{ donde}$$

5

- W es una magnitud que representa el grosor atravesado del material M_k ,
- g es un coeficiente conocido característico del material M_k ,
- K_0 es un término conocido que depende de la fuente de radiación y del material M_k .

10

6. Procedimiento según la reivindicación 5, en el que la magnitud W se define en función del ángulo α que forma la dirección de la radiación con la normal a la pared vertical del material M_k , de tal manera que:

15

- para un ángulo α incluido entre 0° y un valor límite predeterminado α_{lim} ($0 < \alpha_{lim} < \pi/2$), W es el grosor real de material atravesado, y
- para un ángulo α incluido entre el valor límite predeterminado α_{lim} y $\pi/2$, W es el grosor de material atravesado por una radiación cuya dirección con la normal a la pared vertical es el ángulo α_{lim} .

20

7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la radiación emitida es una radiación gamma o una emisión de neutrones o una emisión de partículas alfa.

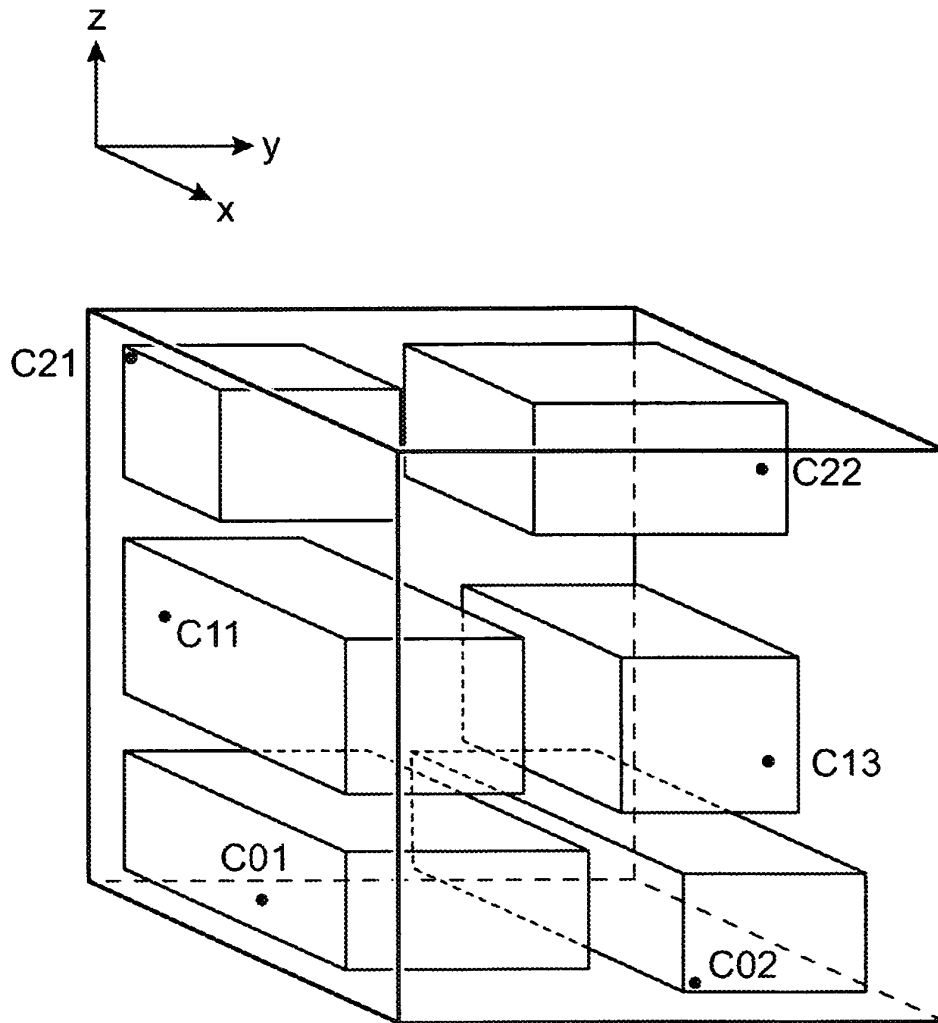


FIG.1

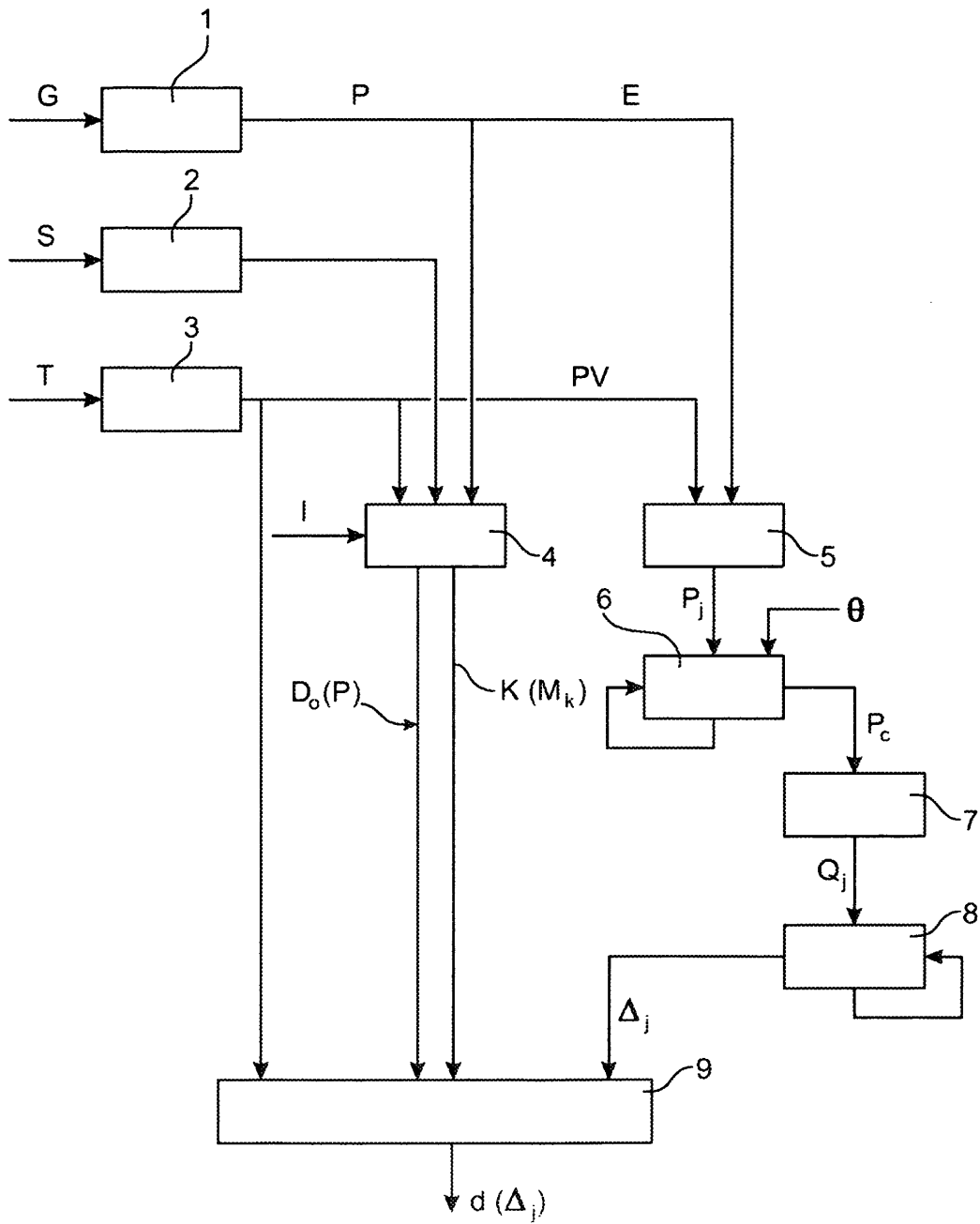


FIG.2

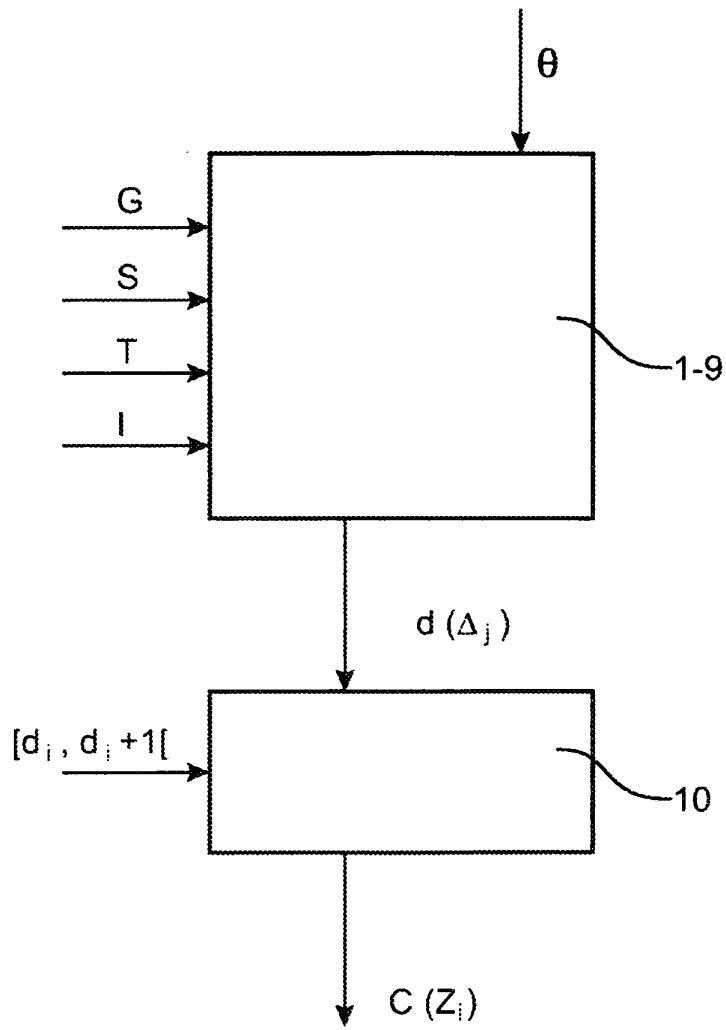


FIG.3

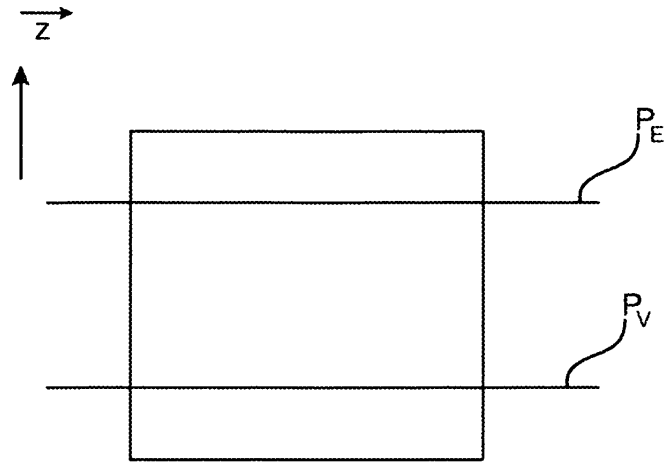


FIG. 4

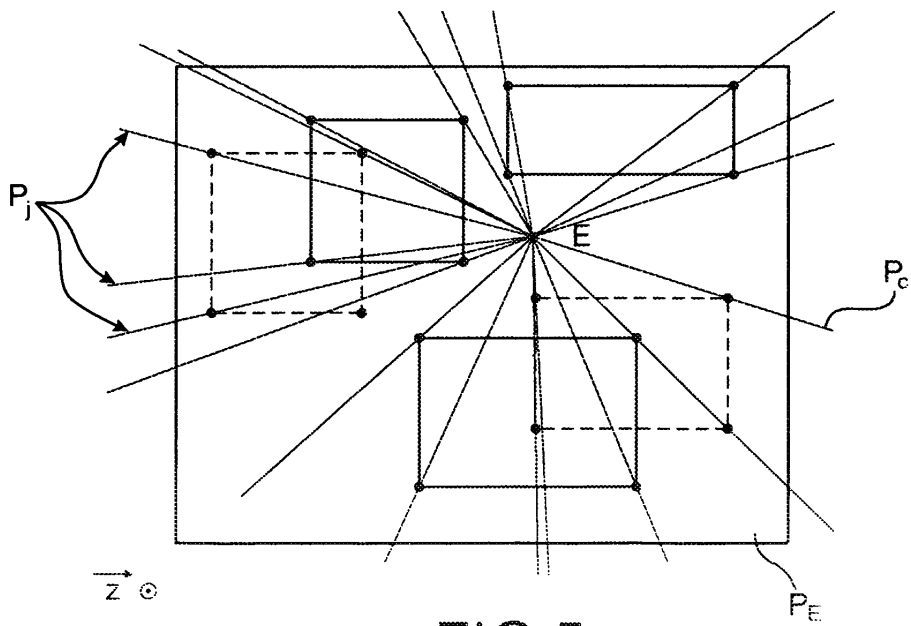


FIG. 5

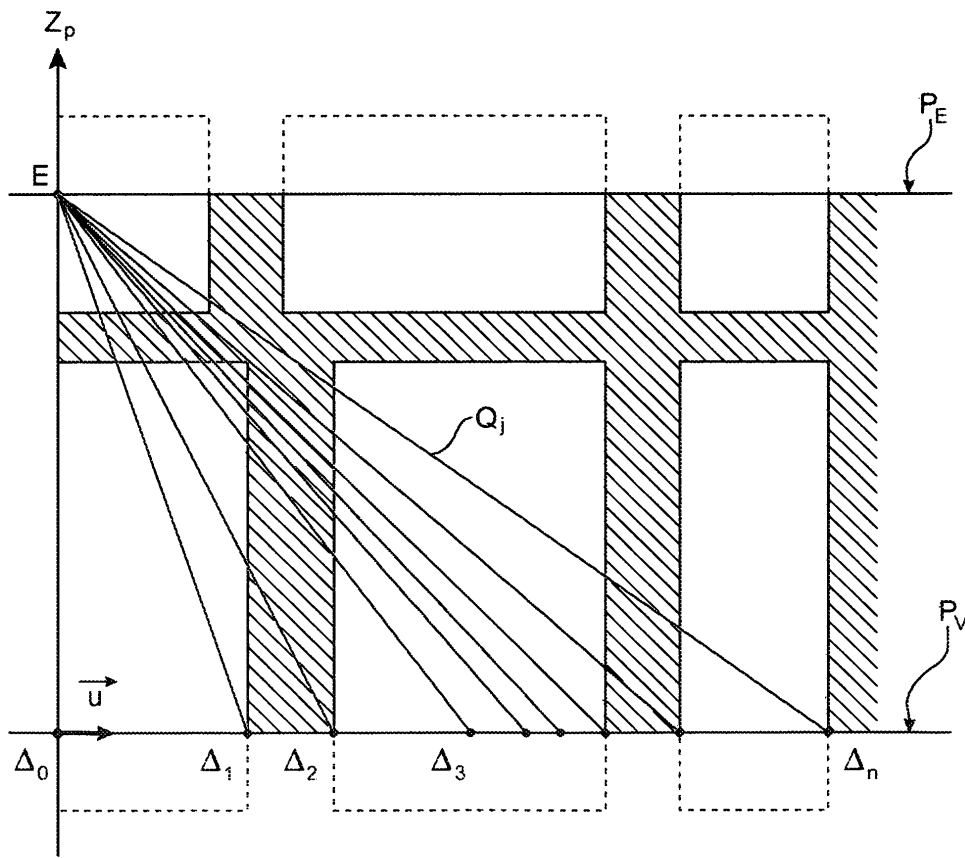


FIG.6

Zona Z1 : dosis \geq 500 Sv
Zona Z2 : $300 \text{ Sv} \leq$ dosis $<$ 500 Sv
Zona Z3 : $100 \text{ Sv} \leq$ dosis $<$ 300 Sv
Zona Z4 : $50 \text{ Sv} \leq$ dosis $<$ 100 Sv
Zona Z5 : $20 \text{ Sv} \leq$ dosis $<$ 50 Sv

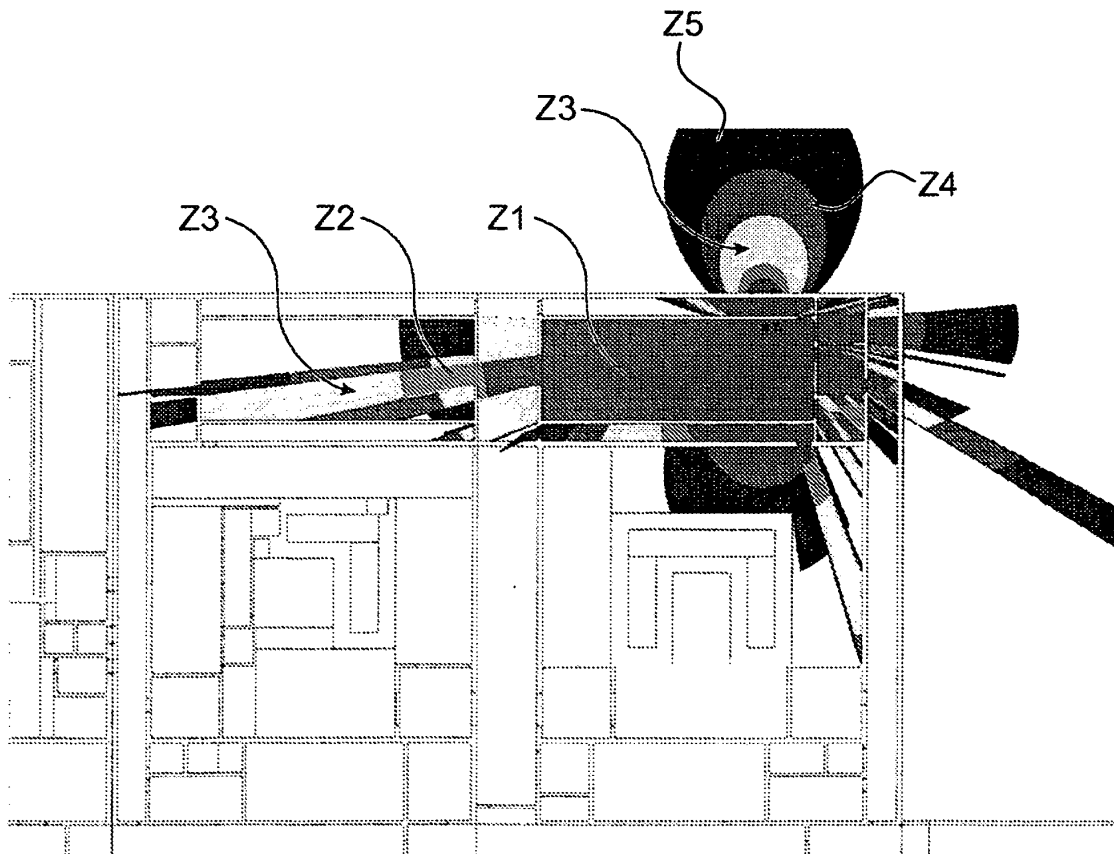


FIG.7