

(12) **FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO**

(22) Data de pedido: 2008.10.20	(73) Titular(es): COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES 25, RUE LEBLANC BÂTIMENT "LE PONANT D" 75015 PARIS FR
(30) Prioridade(s): 2007.10.22 FR 0758465	
(43) Data de publicação do pedido: 2010.06.30	
(45) Data e BPI da concessão: 2011.04.27 122/2011	(72) Inventor(es): VÉRONIQUE MASSE FR MAURICE CHIRON FR
	(74) Mandatário: ANTÓNIO JOÃO COIMBRA DA CUNHA FERREIRA RUA DAS FLORES, Nº 74, 4º AND 1249-235 LISBOA PT

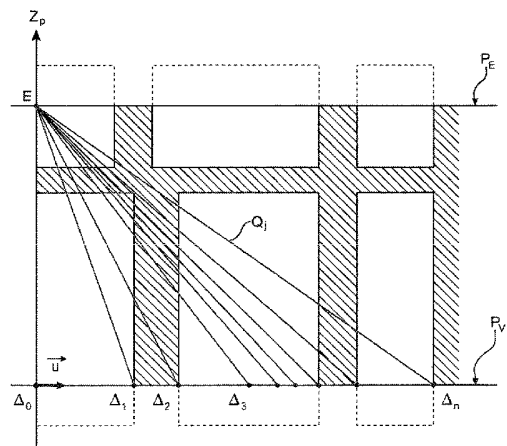
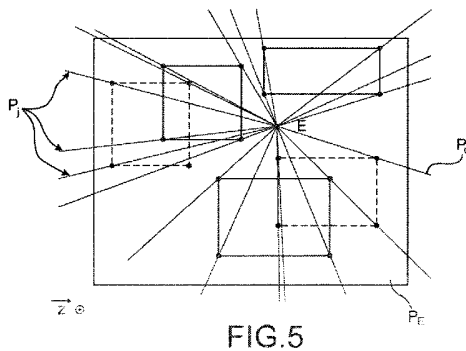
(54) Epígrafe: **PROCESSO DE DETERMINAÇÃO DA DOSE DE RADIAÇÃO E PROCESSO DE DETERMINAÇÃO DA CURVA DE ISODOSES ASSOCIADA**

(57) Resumo:

O INVENTO REFERE-SE A UM PROCESSO DE DETERMINAÇÃO DA DOSE DE RADIAÇÃO EMITIDA POR UMA FONTE DE MATERIAL CINDÍVEL, NUMA INSTALAÇÃO QUE COMPREENDE UM CONJUNTO DE PAREDES PERPENDICULARES A UM PLANO HORIZONTAL, CARACTERIZADA POR A MESMA COMPREENDER A DETERMINAÇÃO, A PARTIR DOS DADOS GEOMÉTRICOS DESCRITIVOS DA INSTALAÇÃO, DOS PONTOS DE INTERSECÇÃO ENTRE UMA RECTA DE CÁLCULO E DAS RECTAS CARACTERÍSTICAS FORMADAS A PARTIR DE UM CONJUNTO DE PLANOS CARACTERÍSTICOS PERPENDICULARES AO PLANO HORIZONTAL E CONTENDO, CADA UM, PONTO FONTE REPRESENTATIVO DA FONTE E, PELO MENOS, UMA ARESTA JUNÇÃO ENTRE DUAS PAREDES PERPENDICULARES AO PLANO FONTE. A APLICAÇÃO AOS ACIDENTES DE CARÁCTER CRÍTICO QUE PODEM OCORRER NAS INSTALAÇÕES QUE CONTÊM MATERIAL CINDÍVEL.

RESUMO**"Processo de determinação da dose de radiação e processo de determinação da curva de isodoses associada"**

O invento refere-se a um processo de determinação da dose de radiação emitida por uma fonte de material cindível, numa instalação que compreende um conjunto de paredes perpendiculares a um plano horizontal, caracterizada por a mesma compreender a determinação, a partir dos dados geométricos descritivos da instalação, dos pontos de intersecção entre uma recta de cálculo e das rectas características formadas a partir de um conjunto de planos característicos perpendiculares ao plano horizontal e contendo, cada um, ponto fonte representativo da fonte e, pelo menos, uma aresta junção entre duas paredes perpendiculares ao plano fonte. A aplicação aos acidentes de carácter crítico que podem ocorrer nas instalações que contêm material cindível.



DESCRIÇÃO

"Processo de determinação da dose de radiação e processo de determinação da curva de isodoses associada"

DOMÍNIO TÉCNICO E TÉCNICA ANTERIOR

O invento refere-se a um processo de determinação da dose de radiação bem como a um processo de determinação da curva de isodoses a partir de doses determinadas pelo processo do invento.

As curvas de isodoses são, para uma radiação dada, linhas ou superfícies fictícias ao nível das quais uma dose de radiação é sensivelmente constante. No seguimento da descrição, o termo "radiação" será compreendido como uma radiação gama, uma emissão de neutrões ou uma emissão de partículas alfa.

É conhecida a publicação intitulada "Use of simulation technology for prediction of radiation dose in nuclear power plant" (Utilização da tecnologia de simulação para a predição da dose de radiação em centrais nucleares) ("Institution of Electrical Engineers", Stevenage, BG, 2004). Este documento descreve um processo de determinação da dose de radiação emitida por uma fonte de material cindível numa instalação.

Este processo necessita, implicitamente, de um passo de determinação do número de fissões que se produzem ao longo do tempo no material cindível, bem como de um passo de determinação dos coeficientes de atenuação dos "materiais de ecrã" da instalação.

As instalações, as quais contêm o material cindível apresentam um risco de acidente de carácter crítico, apesar de todas as disposições implementadas para limitar este risco. As consequências de um acidente de carácter crítico são, entre outras, o risco de uma exposição externa importante a radiações e o risco de exposição interna pela dispersão de produtos radioactivos na instalação e/ou no ambiente. O invento aplica-se à gestão do risco de exposição externa.

Quando de um acidente de carácter crítico numa instalação, é importante por razões de segurança, determinar como se repartem as radiações nocivas, as quais resultam do acidente. De acordo com a técnica conhecida, as doses de radiação são calculadas manualmente, com o auxílio de ábacos. Estes cálculos, com o auxílio de ábacos, são feitos utilizando gráficos em planos horizontais da instalação. Se os cálculos no plano da fonte (plano horizontal da instalação os quais contêm a fonte que emite radiações nocivas) conduzem a uma boa descrição da repartição das doses de radiação, os cálculos nos planos paralelos ao plano da fonte conduzem a uma descrição mais complexa desta repartição. Aliás, devido ao carácter manual dos cálculos, os riscos de erro não são desprezíveis e as durações de cálculo podem ser longas.

O invento não apresenta estes inconvenientes.

DESCRIÇÃO DO INVENTO

Com efeito, o invento refere-se a um processo de determinação da dose de radiação emitida por uma fonte de material cindível numa instalação, que compreende os seguintes passos de:

- determinação de um número de fissões, as quais são produzidas em função do tempo, no material cindível da fonte,
- determinação dos coeficientes de atenuação dos materiais, os quais constituem as paredes verticais e os pavimentos das instalações e, mais geralmente, qualquer ecrã susceptível de ser colocado na trajectória da radiação emitida,
- determinação, a partir de dados geométricos descritivos da instalação, entre um plano fonte sensivelmente perpendicular às paredes verticais da instalação e o qual contém um ponto fonte, representativo da fonte de radiação e um plano de visualização paralelo do plano fonte, um conjunto de planos de características perpendiculares ao plano fonte e que contêm, cada um, o ponto fonte e, pelo menos, uma aresta de junção entre as duas paredes verticais da instalação;

- varrimento angular dos planos característicos em torno de um eixo perpendicular ao plano fonte e que passa pelo ponto fonte para definir, pelo menos, um plano de cálculo;
- determinação para o plano de cálculo, de um conjunto de rectas características, passando cada recta característica pelo ponto fonte e por, pelo menos, um ponto, situado na junção de duas arestas de junção;
- determinação numa recta de cálculo, situada na intersecção do plano de visualização e do plano de cálculo, das posições dos pontos de intersecção, entre a recta de cálculo e as rectas características;
- selecção, entre os pontos de intersecção presentes na recta de cálculo, dos pontos de intersecção Δ_j , situados nas zonas ao ar livre da instalação;
- cálculo da dose de radiação $d(\Delta_j)$ presente em cada ponto Δ_j , a partir do número de fissões em função do tempo, de uma distância, a qual separa ponto fonte do ponto Δ_j e os coeficientes de atenuação dos materiais que constituem as paredes verticais e/ou os pavimentos e/ou qualquer ecrã, o qual separa o ponto fonte do ponto Δ_j .

O invento refere-se igualmente a um processo de determinação a curva de isodoses de uma radiação emitida por uma fonte de material cindível numa instalação, caracterizado por compreender sucessivamente:

- um processo de determinação da dose de acordo com o invento, e
- uma comparação das doses $d(\Delta_j)$ determinadas pelo processo do invento com os intervalos de doses predeterminados de tal modo que:
 - se duas doses calculadas $d(\Delta_j)$ e $d(\Delta_{j+1})$ por dois pontos de intersecção seleccionados consecutivos e Δ_j pertencerem a um mesmo intervalo de doses, é afectada uma mesma zona de pertença entre os dois pontos calculados; e

◦ caso contrário é procurado, por dicotomia, um ou mais pontos Δ_k cuja dose $d(\Delta_k)$ é um limite do intervalo das doses, sendo afectada uma mesma zona de pertença entre dois pontos consecutivos, pertencentes ao mesmo intervalo de doses,

- uma formação da curva de isodoses ao longo da recta de cálculo, em função das zonas de pertença afectadas às doses de radiação calculadas.

Na concepção de uma instalação que deve conter o material cindível, a implementação do processo do invento permite, vantajosamente, efectuar uma análise das consequências de um eventual acidente futuro de carácter crítico a fim de:

- definir os caminhos de evacuação da instalação,
- determinar os pontos de reagrupamento na instalação,
- posicionar as sondas de detecção do acidente de carácter crítico,
- balizar as zonas de risco de exposição externa nas proximidades da instalação, se as mesmas existirem.

Quando de um acidente de carácter crítico acontece numa instalação, o processo do invento permite vantajosamente efectuar em tempo real:

- uma avaliação dos riscos potenciais da exposição externa dos trabalhadores, situados na instalação ou próximo da mesma,
- uma colação no lugar de meios ou de procedimentos necessários à gestão da crise ao nível da instalação, em complemento das acções ligadas ao plano de emergência.

Os processos do invento são, de preferência, executados por um computador.

DESCRIÇÃO SUMÁRIA DOS DESENHOS

Outras características e vantagens do invento irão aparecer com a leitura de um modo de realização preferido, descrito com referência às figuras anexas, entre as quais:

- a FIG. 1 representa, de modo simbólico, um exemplo de instalação que contém material cindível, na qual é susceptível de se produzir um acidente de carácter crítico;
- a FIG. 2 representa um diagrama sinóptico do processo de determinação da curva de isodoses do invento;
- a FIG. 3 mostra um diagrama sinóptico do processo de determinação da curva de isodoses do invento;
- a FIG. 4 representa uma vista em corte de um volume da instalação, na qual as doses são calculadas de acordo com o processo do invento;
- a FIG. 5 representa um conjunto de planos característicos, úteis para o cálculo da dose pelo processo do invento;
- a FIG. 6 representa um conjunto de rectas características úteis para o cálculo da dose de acordo com o processo do invento;
- a FIG. 7 representa um exemplo da repartição de curvas de isodoses obtidas, num plano de visualização, de acordo com o processo do invento.

Em todas as figuras, as mesmas referências indicam os mesmos elementos.

DESCRIÇÃO PORMENORIZADA DOS MODOS DE REALIZAÇÃO PARTICULARES

A FIG. 1 representa, de modo simbólico, um exemplo de instalação, na qual é susceptível de se produzir um acidente de carácter crítico.

A instalação é constituída, por exemplo, por um edifício de diversos andares, compreendendo cada andar várias

divisões. São repartidos diferentes capttores C_{nm} pelas diferentes divisões da instalação. Os capttores C_{nm} destinam-se, no caso de um acidente de carácter crítico real, a efectuarem medições de radiação, as quais permitem identificar a fonte que emite radiações nocivas. Os capttores C_{nm} são, por exemplo, câmaras de ionização, capttores proporcionais, etc. A instalação é identificada num triedro directo (x, y, z) de tal modo que o eixo z é o eixo vertical, segundo o qual é definida a altura da instalação e o plano (x, y) é um plano horizontal para a instalação.

A FIG. 2 representa um diagrama sinóptico dos diferentes passos do processo de determinação de dose do invento (passos 1 a 9).

O processo do invento começa por três passos de leitura de dados, a saber, um passo 1 de leitura de dados de geometria da instalação, um passo 2 de leitura de dados de fonte e um passo 3 de leitura do traçado. A ordem pela qual são efectuados os passos leitura 1 a 3 é indiferente, podendo estes três passos ser executados simultaneamente.

Os dados geométricos da instalação G , lidos no passo 1 são representativos da configuração volúmica do edifício (as diferentes divisões do edifício, a envolvente do edifício) e a configuração geométrica dos ecrãs de protecção, os quais estão presentes no edifício.

Os dados da fonte S , lidos no passo 2 são dados relativos à fonte, a qual emite as radiações. Os mesmos são constituídos pelo número de fissões, as quais são produzidas em função do tempo, ao nível do acidente, de dados geométricos, os quais descrevem a geometria do tanque no qual ocorreu o acidente (ponto fonte ou fonte volúmica) e dados do ambiente, que caracterizam o meio ambiente, em que ocorreu o acidente (meio líquido, pó, metal). Estes dados são obtidos, por um lado, a partir das medidas de radiação emitida por capttores, os quais detectaram o acidente de carácter crítico e, por outro lado, a partir das informações pré-registadas relativas aos diferentes produtos presentes na instalação.

Os dados do traçado T compreendem:

- dados de limiar, os quais definem intervalos de dose predeterminados, nos quais as doses calculadas serão repartidas, e
- dados geométricos relativos aos pontos da instalação em que se deseja que as doses sejam calculadas (plano(s) de visualização, zona(s) particular(es) ou ponto(s) particular(es) da instalação).

Os passos de leitura 1, 2 e 3 são seguidos por um passo avaliação 4 dos coeficientes de atenuação $K(M_k)$ ($k = 1, 2, \dots, n$) dos diferentes materiais M_k ($k = 1, 2, \dots, n$) que compõem a instalação e dados teóricos $D_o(P)$, os quais representam as doses de radiação, as quais estariam presentes na ausência de qualquer parede ou ecrã nos vários pontos P da instalação. O passo de cálculo 4 dos coeficientes $K(M_k)$ e dos dados $D_o(P)$ é efectuado a partir de dados G e S, de dados T e de dados internos I, os quais compreendem um modelo matemático do coeficiente de atenuação para cada tipo de material. De modo preferido, um coeficiente de atenuação apresenta-se sob a forma de uma equação polinomial. A título de exemplo não limitativo, um coeficiente de atenuação $K(M_k)$ de um material M_k atravessado por uma radiação pode ser escrito sob a forma:

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

Os coeficientes a, b, c, d, e, f e g são parâmetros conhecidos de valor fixo, os quais são característicos do material M_k cujo coeficiente de atenuação se procurou avaliar. As grandezas X, Y, Z são variáveis características da fonte de radiação e a grandeza W é uma variável, a qual representa a espessura do material através de M_k (W será especificado posteriormente). De maneira mais específica, a variável X depende do tipo de fonte (líquido, pó, metal), a variável Y depende do volume da fonte e a variável Z depende do tempo decorrido entre o acidente e o momento em que o coeficiente é determinado. Os coeficientes a, b, c, d, e, f e g são dados, os quais pertencem ao conjunto de dados I mencionado anteriormente. Os dados X, Y, Z são dados, os quais pertencem ao conjunto S e o dado W é calculado a partir dos dados geométricos e G e dos dados de traçado T.

Para um tipo de fonte dada, a quantidade $aX + bY + cXY + dX^2 + eY^2 + fZ$ é um termo constante K_0 . Assim, a grandeza $K(M_k)$, é expressa sob a forma de uma função da única variável W , a saber:

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

De modo mais geral, os dados internos I compreendem, além das equações matemáticas coeficientes de atenuação e dos coeficientes a, b, c, d, e, f, g , os dados que se seguem:

- as unidades nas quais se deseja que as doses sejam calculadas (dose no ar Gy ou equivalente da dose Sv), e
- as condições do cálculo dos coeficientes de atenuação (coeficientes de correcção da distância entre a fonte e os pontos de cálculo).

Em paralelo ao passo de cálculo 4 são efectuados quatro passos de cálculo elementares 5, 6, 7 e 8. O passo 5 é um passo de determinação dos planos característicos úteis de planos para o cálculo da dose. A título de exemplo não limitativo, um conjunto de planos característicos P_j está representado na FIG. 5. A FIG. 5 representa uma secção transversal da instalação de acordo com o plano horizontal P_E , o qual contém o ponto E, ao qual é assimilada a fonte emissora das radiações nocivas. Os planos característicos são construídos entre o plano P_E e um plano de visualização P_V . O plano de visualização P_V é um plano paralelo ao plano P_E , no qual são calculadas as doses (ver a FIG. 4). O plano de visualização P_V é um dado fixo pelos dados de traçado T. Cada plano característico P_j é um plano vertical, isto é, um plano perpendicular aos planos horizontais P_E e P_V , os quais contêm o ponto E, o qual é assimilada a fonte emissora de radiações nocivas e, pelo menos, uma aresta de junção entre duas paredes verticais, compreendidas entre os planos P_E e P_V . O conjunto de todos os planos, que podem ser construídos de acordo com a regra especificada acima, constitui os planos característicos do invento. Por conseguinte, estão em causa todas as arestas de todas as divisões compreendidas entre P_E e P_V , as quais são perpendiculares aos planos PE e PV. O conjunto dos planos característicos é seleccionado a partir dos dados geométricos G.

No passo 6, do processo do invento, é efectuado em seguida um varrimento entre os planos característicos P_j , a fim de determinar os diferentes planos de cálculo P_c . Os planos de cálculo P_c são então obtidos por rotação, com um passo angular θ , dos planos característicos P_j em torno de um eixo Z_p perpendicular ao plano P_E e P_V e que passa pelo ponto fonte E . Cada plano de cálculo P_c é um plano, no qual é efectuado um cálculo de dose, de acordo com uma direcção dada, tal como será agora descrito, a título de exemplo não limitativo, num plano de cálculo particular, com referência à FIG. 6.

Ao passo 6 de determinação dos planos de cálculo, sucede um passo 7 de determinação das rectas características Q_j em cada plano de cálculo. Para um dado plano de cálculo, uma recta característica Q_j passa pelo ponto fonte E e por, pelo menos, um ponto situado na junção de duas arestas, situadas no plano de cálculo. Todas as rectas, que é possível construir de acordo com a regra especificada acima, constituem o conjunto das rectas características Q do invento para o plano de cálculo considerado. Para a construção, um plano de cálculo de F é dividido em dois meios planos simétricos entre si em relação ao eixo vertical Z_p . O conjunto das rectas características relativas a um plano de cálculo é, portanto, dividido em dois meios conjuntos de rectas características. A FIG. 6 ilustra, a título de exemplo, um meio conjunto de rectas características para o plano de cálculo P_c da FIG. 5. O meio plano de cálculo corta o plano de visualização P_v segundo uma recta D do vector unitário u . Um conjunto de pontos característicos Δ_j que pertence à recta D é então determinado (passo 8 do processo do invento). Um ponto característico Δ_j é obtido pela intersecção de uma recta característica Q_j e da recta D . A FIG. 6 representa, a título de exemplo, uma série de pontos característicos $\Delta_0, \Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$. Os pontos característicos Δ_j têm uma posição geométrica conhecida na instalação. A estrutura da instalação entre o ponto fonte E e cada um dos pontos Δ_j é igualmente conhecida (ver a FIG. 6). Assim, a partir dos dados anteriormente calculados $D_0(P)$ e $K(M_k)$, da posição conhecida dos pontos Δ_j em relação à fonte emissora E e da estrutura conhecida da instalação entre a fonte E e os pontos Δ_j , a dose de radiação $d(\Delta_j)$ presente em cada ponto Δ_j pode ser calculada (passo 9 do processo do invento).

A recta de cálculo D é constituída por zonas ao ar livre e zonas de parede ou ecrã. O cálculo das doses apresenta apenas interesse real nas zonas ao ar livre. O cálculo das doses (Δ_j) é, portanto, feito apenas, de preferência, para os pontos Δ_j situados nas zonas ao ar livre.

O cálculo da dose num ponto Δ_j é obtido pela seguinte equação:

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

- $D(P)$ é a dose calculada, na ausência de paredes e ecrãs, num ponto arbitrário predeterminado P, situado no trajecto da radiação, a uma distância de l_0 do ponto fonte E (no caso de uma fonte volúmica, o ponto E é o centro do volume de fonte),
- C_d é um coeficiente de correcção da distância, tal que:

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

- em que l é a distância mencionada anteriormente e l a distância do ponto fonte E ao ponto Δ_j , e
- $K(M)$ é o coeficiente de atenuação do material M_k acima mencionado.

O coeficiente de atenuação $K(M_k)$ vai agora ser especificado. Como tal foi mencionado anteriormente, o coeficiente de atenuação de um material M_k atravessado pela radiação escreve-se:

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

em que a grandeza W representa a distância percorrida pela radiação através do material M_k . De modo preferido, a grandeza W é definida em função do ângulo α que faz a direcção da radiação que atravessa a parede ou ecrã de material M_k com a normal ao plano desta parede ou ecrã:

- para um ângulo α compreendido entre 0° e um valor limite predeterminado α_{lim} ($0 < \alpha_{lim} < \pi/2$), W é a espessura real do material atravessado, e

- para um ângulo α compreendido entre o valor limite predeterminado α_{lim} e $n/2$, W é o valor W_{lim} da espessura da parede ou ecrã, o qual corresponde ao ângulo α_{lim} .

A quantidade α_{lim} é escolhida de maneira a não subestimar a dose (Δ_j) para os ângulos importantes. Esta quantidade α_{lim} varia com o tipo de radiação.

A FIG. 3 representa um diagrama sinóptico do processo de determinação das curvas de isodoses do invento. O processo de determinação das curvas de isodoses inclui o conjunto dos passos 1 a 9 descritos acima e um passo 10 suplementar de repartição das doses calculadas nos intervalos de dose de valores predeterminados.

Um exemplo de uma tal repartição vai ser agora descrito, no qual as doses $d(\Delta_j)$ são repartidas em n intervalos de dose $[d_i, d_{i+1}[$ ($i = 1, 2, \dots, n$).

A repartição das doses calculadas nos diferentes intervalos de dose é efectuada assim:

- se as doses $d(\Delta_j)$ e $d(\Delta_{j+1})$, calculadas para dois pontos característicos sucessivos Δ_j e Δ_{j+1} de uma mesma zona ao ar livre, pertencem a um mesmo intervalo $[d_i, d_{i+1}[$, então uma mesma zona Z é afectada entre estes pontos;

- caso contrário, a dose $d((\Delta_j + \Delta_{j+1})/2)$ no ponto médio $(\Delta_j + \Delta_{j+1})/2$ é calculada e é procurado, por dicotomia, um ponto ou pontos Δ_k cuja dose $d(\Delta_k)$ é um limite do intervalo de doses, sendo uma mesma zona de pertença afectada entre dois pontos consecutivos pertencentes ao mesmo intervalo de doses.

É então possível obter, para uma mesma recta de cálculo D uma curva de isodoses $C(Z_i)$ em função das diferentes zonas Z_i (passo 10 do processo). Obtidas para o conjunto das rectas de cálculo, isto é, para o conjunto dos planos de cálculo, as curvas de isodoses $C(Z_i)$ constituem uma superfície de isodoses no conjunto do plano de visualização P_v . A título de

exemplo não limitativo, a FIG. 7 ilustra uma repartição das doses calculadas nas cinco zonas Z1 a Z5.

No caso particular em que o plano de visualização é o plano horizontal P_E , o qual contém o ponto fonte E, todas as paredes e os ecrãs são atravessados perpendicularmente à sua superfície ($\alpha = 0$). Os valores dos coeficientes de atenuação são então valores constantes K. Os cálculos encontram-se, assim, muito vantajosamente simplificados.

Se as doses $d(\Delta_j)$ e $d(\Delta_{j+1})$ não pertencem ao mesmo intervalo $[d_i, d_{i+1}]$, a distância l , que separa o ponto fonte E de um ponto Δ_j em que a dose de radiação $d(\Delta_j)$ corresponde a um limite do intervalo, é expressa simplesmente pela equação:

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

Lisboa, 2011-06-16

REIVINDICAÇÕES

1 - Processo de determinação da dose de radiação emitida, de modo real ou simulado, por uma fonte de material cindível numa instalação, que compreende os passos seguintes:

- determinação do número de fissões, as quais são produzidas, em função do tempo, no material cindível da fonte,

- determinação dos coeficientes de atenuação dos materiais, os quais constituem as paredes verticais e os pavimentos da instalação e, mais geralmente, qualquer ecrã susceptível de ser colocado na trajectória da radiação emitida,

- determinação, a partir de dados geométricos descritivos da instalação, entre uma fonte plana (P_E) sensivelmente perpendicular às paredes verticais da instalação e o qual contém um ponto fonte (E), representativo da fonte de radiação e um plano de visualização (P_V), paralelo ao plano da fonte, de um conjunto de planos característicos (P_j), perpendiculares ao plano fonte e que contém cada um ponto fonte (E) e, pelo menos, uma aresta de junção entre duas paredes verticais da instalação;

- varrimento angular (θ) dos planos característicos em torno de um eixo (Z_p) perpendicular ao plano fonte e que passa por um ponto fonte (E) para definir, pelo menos, um plano de cálculo (P_c);

- determinação para o plano de cálculo, de um conjunto de rectas características (Q-), passando cada recta característica pelo ponto fonte (E) e por, pelo menos, um ponto situado na junção de duas arestas de junção;

- determinação, numa recta de cálculo (D), situada na intersecção do plano de visualização e do plano de cálculo, das posições dos pontos de intersecção entre a recta de cálculo e as rectas características;

- selecção, entre os pontos de intersecção presentes na recta de cálculo, dos pontos de intersecção Δ_j situados nas zonas ao ar livre da instalação;
- o cálculo da dose de radiação $d(\Delta_j)$ presente em cada ponto Δ_j , a partir do número de fissões em função do tempo, de uma distância, a qual separa o ponto fonte (E) do ponto Δ_j e os coeficientes de atenuação dos materiais que constituem as paredes verticais e/ou os pavimentos e/ou qualquer ecrã, o qual separe o ponto fonte (E) do ponto Δ_j .

2 - Processo de determinação das curvas de isodoses de uma radiação emitida, de modo real ou simulada, por uma fonte de material cindível numa instalação, caracterizado por compreender sucessivamente:

- um processo de determinação de doses de acordo com a reivindicação 1, e
- uma comparação das doses (Δ_j), determinadas pelo processo da reivindicação 1, com os intervalos de doses predeterminados de tal modo que:
 - se duas doses calculadas $d(\Delta_j)$ e $d(\Delta_{j+1})$ para dois pontos de intersecção seleccionados e consecutivos Δ_j e Δ_{j+1} pertencerem ao mesmo intervalo de doses, é afectada uma mesma zona de pertença (Z_i) entre os dois pontos calculados; e
 - caso contrário, uma dose de radiação $d((\Delta_j + \Delta_{j+1})/2)$ é calculada no ponto médio situado entre os dois pontos consecutivos Δ_j e Δ_{j+1} e é procurado, por dicotomia, um ou mais pontos onde Δ_k cuja dose $d(\Delta_k)$ é um limite do intervalo de doses, sendo afectada uma mesma zona de pertença entre dois pontos consecutivos que pertencem ao mesmo intervalo de doses,
- uma formação da curva de isodoses ao longo da recta de cálculo, em função das zonas de pertença afectadas às doses de radiação calculadas.

3 - Processo de acordo com a reivindicação 2, no qual o varrimento angular é efectuado em 360 graus, de tal modo que todo um conjunto de curvas de isodoses estabelecidas ao longo de um conjunto de rectas de cálculo são remontadas para

constituírem uma representação das isodoses no conjunto do plano de visualização.

4 - Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, no qual a dose de radiação presente no ponto de intersecção seleccionado é dada pela equação:

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

em que:

- $D_0(P)$ é a dose calculada, na ausência de qualquer ecrã e de ecrãs, num ponto arbitrário predeterminado (P), situado no trajecto da radiação, a qual se propaga entre o ponto fonte (E) e o ponto Δ_j a uma distância de l_0 ponto fonte (E),

- C_d é um coeficiente de correcção da distância, tal que:

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

em que l_0 é a distância mencionada anteriormente e l a distância do ponto fonte (E) e ponto Δ_j , e

- $K(M_k)$ é o coeficiente de atenuação calculado de um material M_k , atravessado por uma radiação, a qual se propaga entre o ponto fonte (E) e o ponto Δ_j .

5 - Processo de acordo com a reivindicação 4, no qual o coeficiente de atenuação $K(M_k)$ é dado pela fórmula:

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

em que:

- W é uma grandeza que representa a espessura atravessada do material M_k ,

- g é um coeficiente conhecido característico do material M_k ,

- K_0 é um termo conhecido, o qual depende da fonte de radiação e do material M_k .

6 - Processo de acordo com a reivindicação 5, no qual o grandeza W é definida em função do ângulo α que faz a direcção da radiação com normal à parede vertical do material M_k de tais modo que:

- para um ângulo compreendido entre 0° e um valor limite predeterminado α_{lim} ($0 < \alpha_{lim} < \pi/2$), W é a espessura real do material atravessado, e

- para um ângulo α compreendido entre o valor limite predeterminado α_{lim} e $n/2$, W é a espessura do material atravessado por uma radiação, cuja direcção com a normal à parede vertical é o ângulo α_{lim} .

7 - Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, no qual a radiação emitida é a radiação gama ou uma emissão de neutrões ou uma emissão de partículas alfa.

Lisboa, 2011-06-16

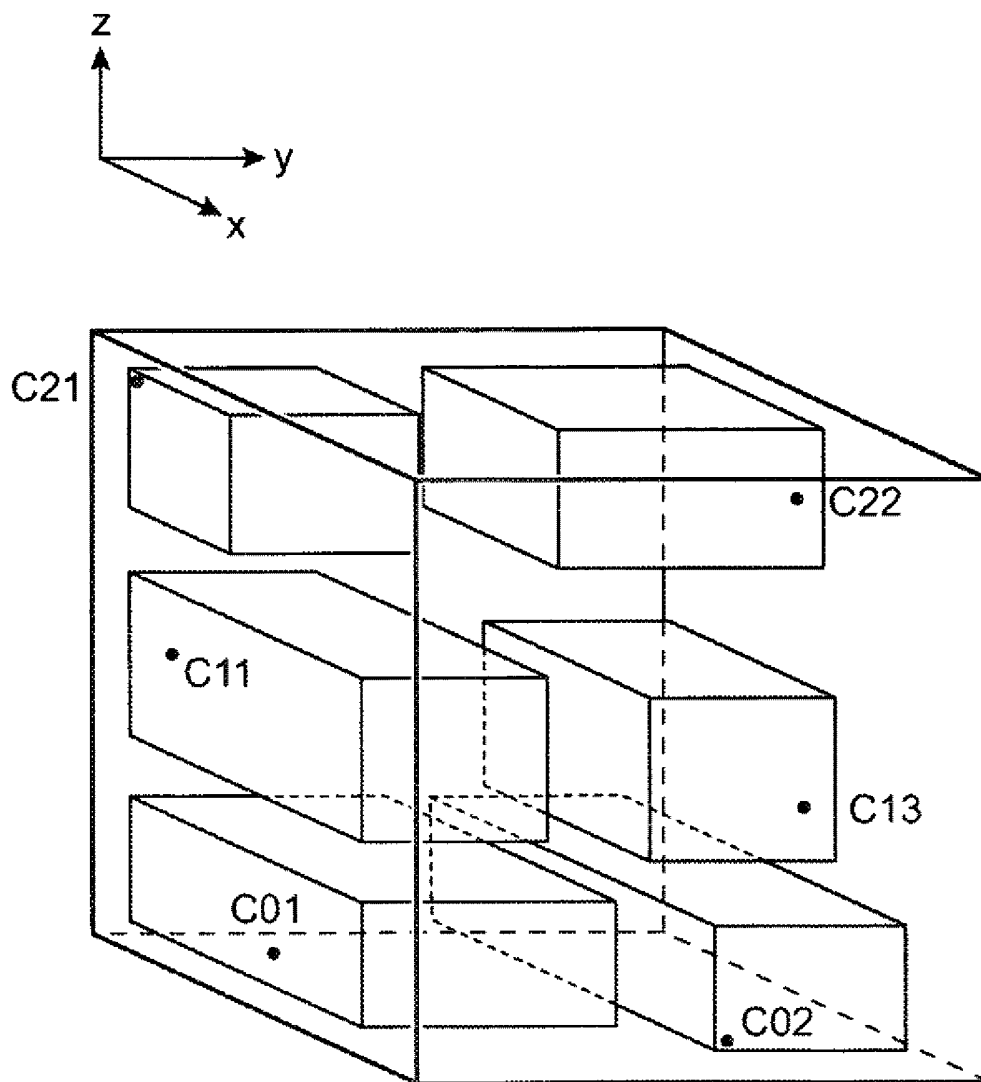


FIG.1

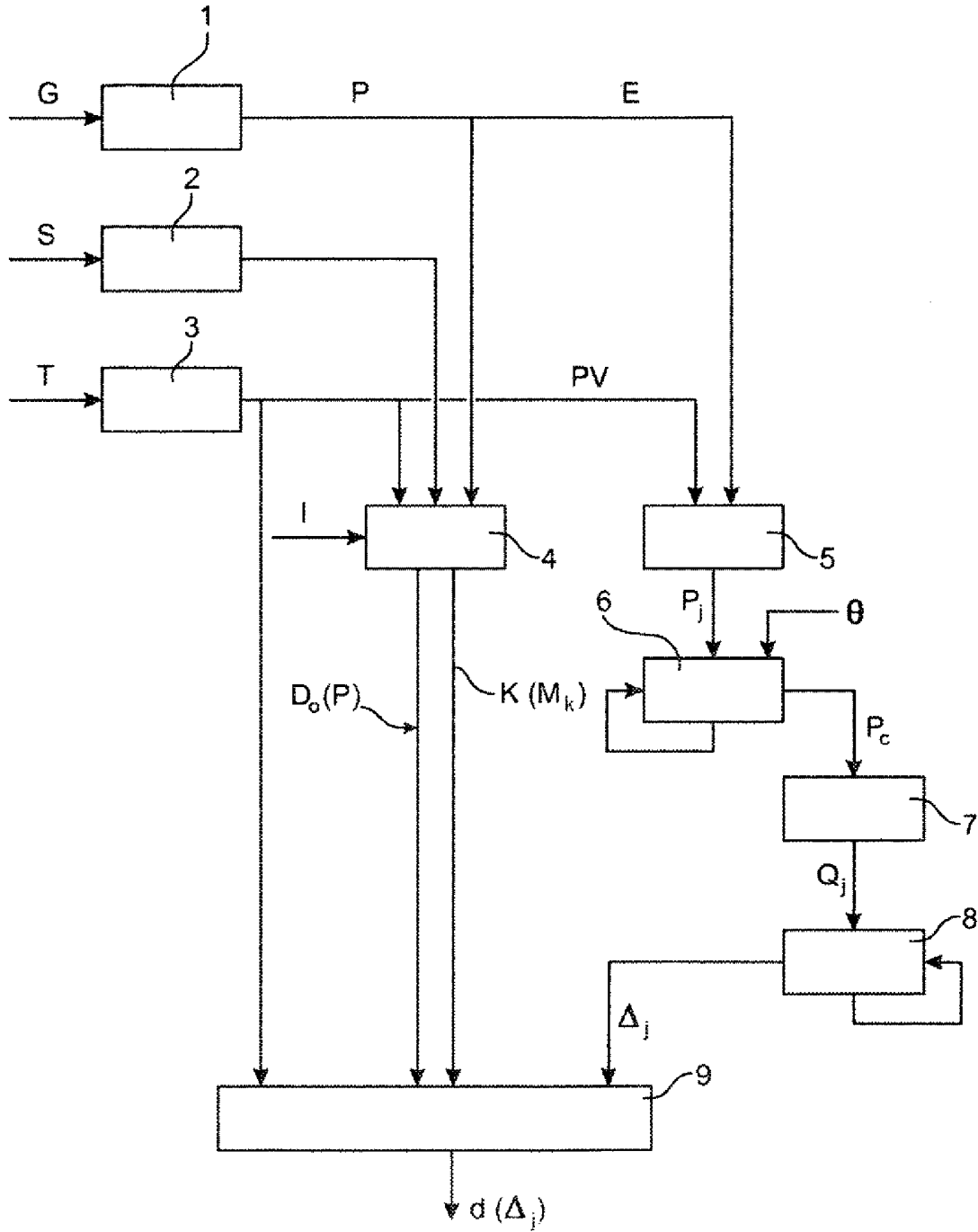


FIG.2

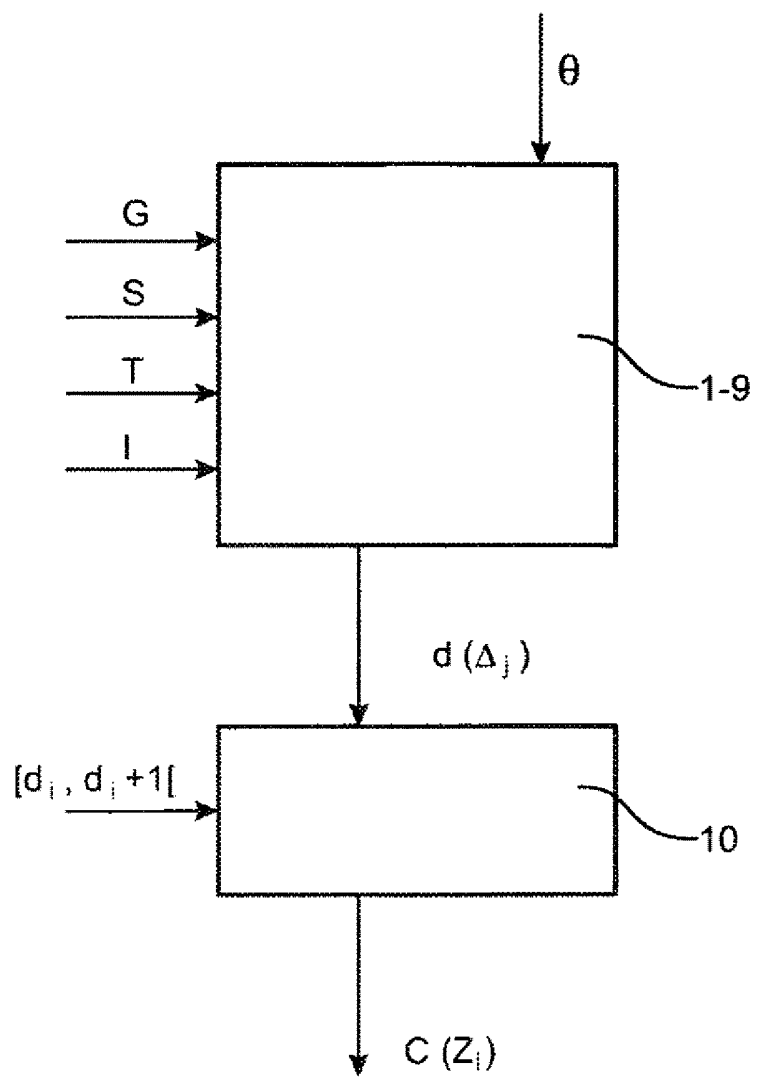


FIG.3

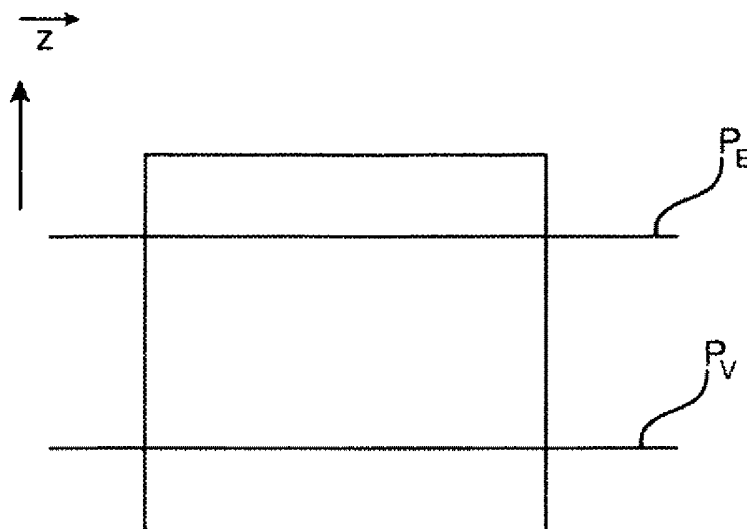


FIG. 4

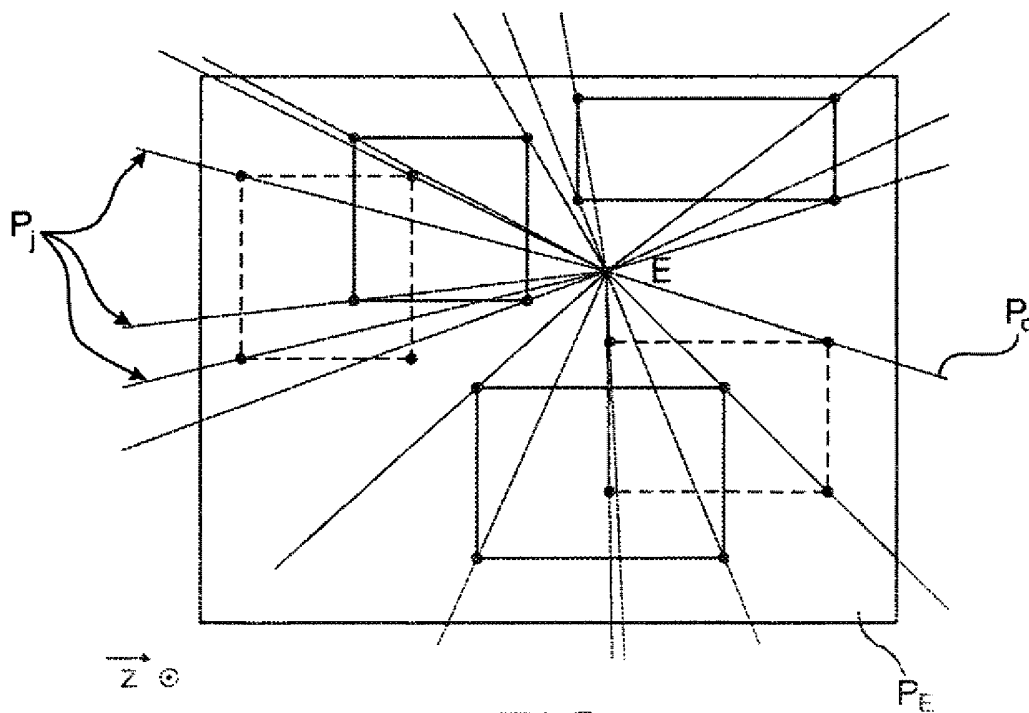


FIG. 5

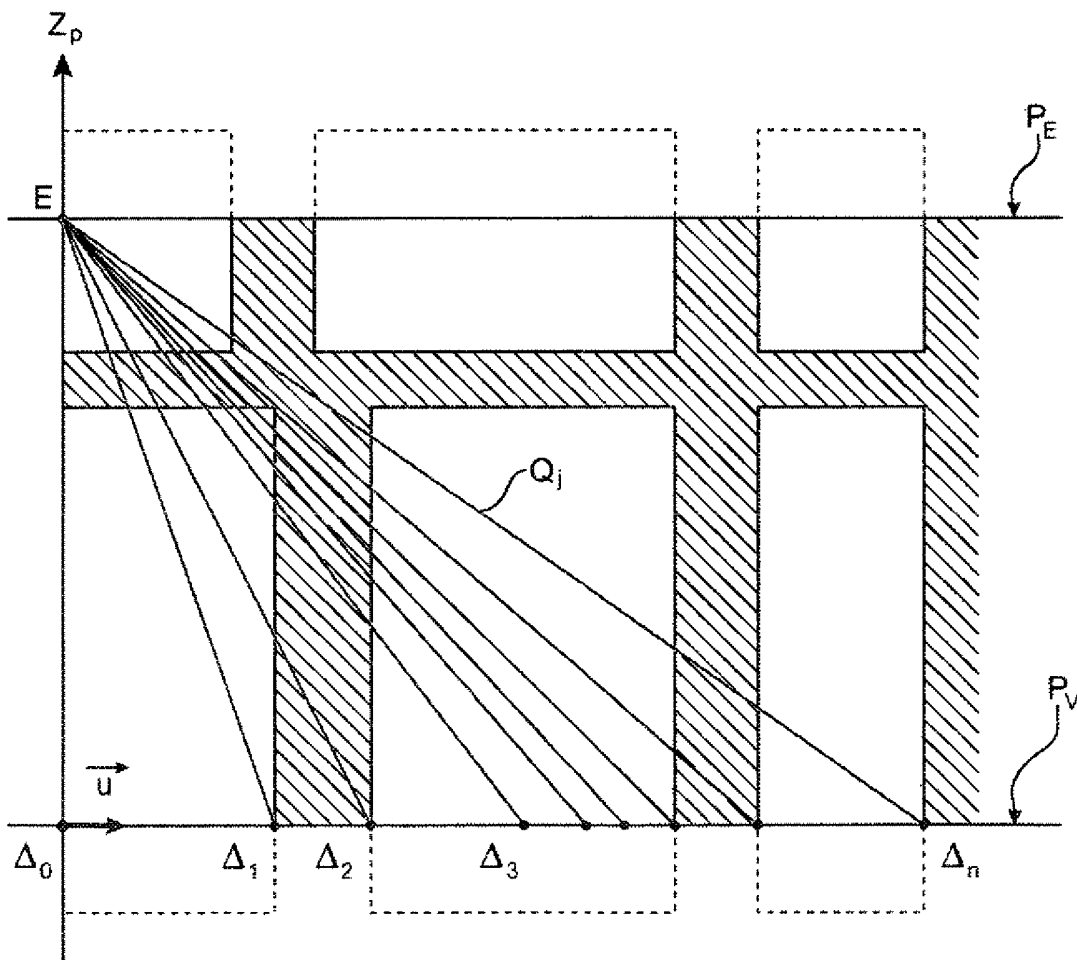


FIG.6

- Zona Z1: doses • 500Sv
- Zona Z2: 300Sv • doses < 500Sv
- Zona Z3: 100Sv • doses < 300Sv
- Zona Z4: 50Sv • doses < 100Sv
- Zona Z5: 20Sv • doses < 50Sv

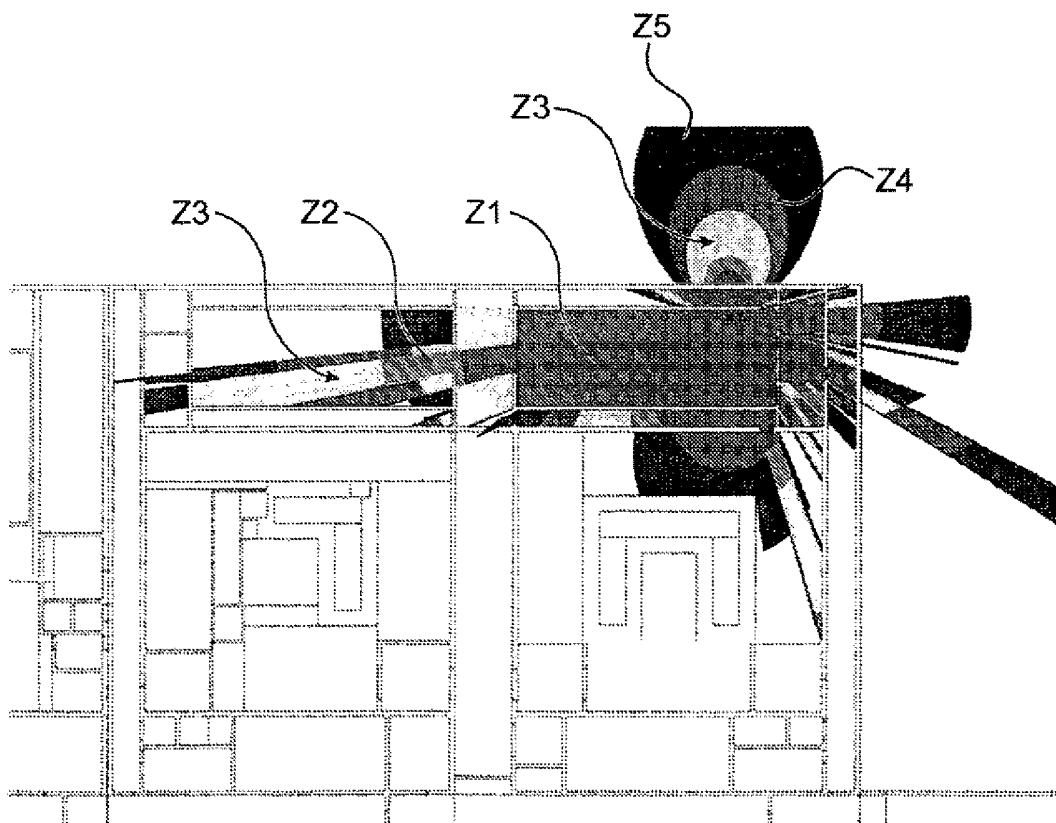


FIG.7