

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 03.04.98.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 08.10.99 Bulletin 99/40.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

71 Demandeur(s) : MAINTENANCE SECURITE INSTAL-
LATION SERVICE Société anonyme — FR.

72 Inventeur(s) : HAEDRICH HUGUES et LAMADIE
FABRICE.

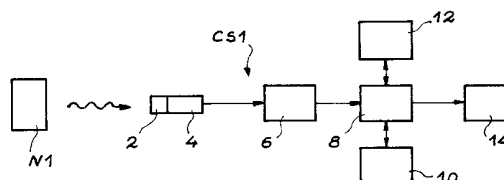
73 Titulaire(s) :

74 Mandataire(s) : SOCIETE DE PROTECTION DES
INVENTIONS.

54 PROCEDE ET DISPOSITIF D'ANALYSE DE SOURCES RADIOACTIVES.

57 Procédé et dispositif d'analyse de sources radioacti-
ves.

Selon l'invention, on mesure chaque source avec une chaîne de spectrométrie (CS1) comprenant un détecteur de type scintillateur (2) et munie d'une base de données destinée à contenir des spectres d'émission susceptibles d'être obtenus avec cette chaîne pour acquérir un spectre d'émission correspondant à la source mesurée et on place, ou on ne place pas, ce spectre dans la base de données, selon que l'on est incapable, ou capable, d'exprimer ce spectre sous la forme d'une combinaison linéaire des spectres de la base de données. Application aux colis de déchets radioactifs.



PROCEDE ET DISPOSITIF D'ANALYSE DE SOURCES RADIOACTIVES**DESCRIPTION****DOMAINE TECHNIQUE**

La présente invention concerne un procédé
5 et un dispositif d'analyse de sources radioactives au
moyen de spectres d'émission de rayonnements X et γ
provenant de ces sources.

L'invention permet d'analyser ces sources
de manière non intrusive (c'est-à-dire en garantissant
10 l'intégrité physique des sources), en effectuant des
mesures passives.

L'invention s'applique notamment au
contrôle de processus de traitement de produits
radioactifs et à la caractérisation du contenu de colis
15 de déchets radioactifs (qui émettent des rayonnements X
et γ).

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

Ces colis sont des conteneurs, généralement
en béton ou en acier, dans lesquels sont placés les
20 déchets radioactifs préalablement enrobés dans des
matrices comme le béton ou une résine par exemple.

On connaît une méthode passive pour
analyser de tels colis de déchets radioactifs qui
émettent des rayonnements X et γ .

Selon cette méthode connue, on analyse chaque colis au moyen d'une chaîne de spectrométrie fine, équipée d'un détecteur de type semiconducteur.

Un tel détecteur de type semiconducteur
5 doit être refroidi avec de l'azote liquide et les signaux qu'il fournit nécessitent un traitement complexe.

Cette méthode connue est longue (à cause du temps d'acquisition des spectres), coûteuse (à cause
10 des appareils ainsi que de la qualification et du nombre d'opérateurs qu'elle nécessite) et difficile à mettre en oeuvre (à cause du nombre et de la taille de ces appareils).

EXPOSÉ DE L'INVENTION

La présente invention a pour but de
15 remédier aux inconvénients précédents grâce à l'utilisation, pour l'analyse de sources radioactives, d'une chaîne de spectrométrie équipée d'un détecteur de type scintillateur, beaucoup plus simple à utiliser et
20 permettant de limiter l'utilisation d'une chaîne de spectrométrie fine à seulement un petit nombre de ces sources radioactives.

De façon précise, la présente invention a tout d'abord pour objet un procédé d'analyse de sources
25 radioactives, ce procédé étant caractérisé en ce que :

- on mesure chaque source avec une première chaîne de spectrométrie comprenant un détecteur de type scintillateur et munie d'une base de données destinée à contenir des premiers spectres
30 d'émission susceptibles d'être obtenus avec cette première chaîne de spectrométrie, pour acquérir

un premier spectre d'émission correspondant à la source mesurée, et

- on place, ou on ne place pas, ce premier spectre dans la base de données, selon que l'on est incapable, ou capable, d'exprimer ce premier spectre sous la forme d'une première combinaison linéaire des premiers spectres de la base de données.

Selon un mode de mise en oeuvre particulier
10 du procédé objet de l'invention

- la base de données est en outre destinée à contenir des deuxièmes spectres d'émission susceptibles d'être obtenus avec une deuxième chaîne de spectrométrie comprenant un détecteur de type semiconducteur, chacun de ces deuxièmes spectres correspondant à un premier spectre de la base de données et à une source radioactive conduisant à ce premier spectre, et

- lorsqu'on est capable d'exprimer le premier spectre correspondant à ladite source mesurée sous la forme de la première combinaison linéaire, on forme aussi une deuxième combinaison linéaire des deuxièmes spectres de la base de données, les coefficients de cette deuxième combinaison linéaire étant identiques à ceux de la première combinaison linéaire, pour obtenir ainsi un deuxième spectre correspondant à ladite source mesurée.

Selon un autre mode de mise en oeuvre
30 particulier

- la base de données est en outre destinée à contenir des deuxièmes spectres d'émission susceptibles d'être obtenus avec une deuxième

- chaîne de spectrométrie comprenant un détecteur de type semiconducteur, chacun de ces deuxièmes spectres correspondant à un premier spectre de la base de données et à une source radioactive conduisant à ce premier spectre,
- 5
- on mesure en outre chaque source, dont le premier spectre n'a pu être exprimé sous la forme d'une première combinaison linéaire des premiers spectres de la base de données, avec cette
 - 10 deuxième chaîne de spectrométrie, pour acquérir un deuxième spectre d'émission correspondant à cette source,
 - on place ce deuxième spectre dans la base de données, et
 - 15 - pour chaque autre source, dont le premier spectre a pu être exprimé sous la forme d'une première combinaison linéaire des premiers spectres de la base de données, on forme une deuxième
 - 20 combinaison linéaire des deuxièmes spectres de la base de données, les coefficients de cette deuxième combinaison linéaire étant identiques à ceux de la première combinaison linéaire correspondant à cette autre source.

Dans ce cas, chaque source peut être

25 mesurée avec la première chaîne de spectrométrie puis, immédiatement après, avec la deuxième chaîne de spectrométrie si le premier spectre correspondant à cette source n'a pu être exprimé sous la forme d'une première combinaison linéaire des premiers spectres de

30 la base de données.

Dans ce cas également, on peut au contraire faire d'abord toutes les mesures avec la première

chaîne de spectrométrie puis toutes les mesures avec la deuxième chaîne de spectrométrie.

Les sources radioactives peuvent être des matières radioactives conditionnées, toutes les
5 matières ayant le même conditionnement.

Lorsque les matières n'ont pas toutes le même conditionnement, un traitement de normalisation de chaque spectre acquis peut être effectué avant de placer ce spectre dans la base de données ou d'exprimer
10 ce spectre sous la forme d'une combinaison linéaire.

La base de données peut être initialement formée par calcul pour des sources radioactives déterminées.

La présente invention concerne également un
15 dispositif pour la mise en oeuvre du procédé objet de l'invention, ce dispositif étant caractérisé en ce qu'il comprend la première chaîne de spectrométrie, celle-ci comprenant en outre des premiers moyens de traitement des signaux fournis par le détecteur de type
20 scintillateur, ces premiers moyens de traitement étant munis de la base de données.

Selon un mode de réalisation particulier du dispositif objet de l'invention, ce dispositif comprend en outre la deuxième chaîne de spectrométrie, celle-ci
25 comprenant en outre des deuxièmes moyens de traitement des signaux fournis par le détecteur de type semiconducteur, ces deuxièmes moyens de traitement étant munis de la base de données.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

30 La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description d'exemples de réalisation

donnés ci-après, à titre purement indicatif et nullement limitatif, en faisant référence aux dessins annexés sur lesquels :

- 5 • la figure 1 est une vue schématique d'un dispositif pour mettre en oeuvre l'invention, et
- la figure 2 est une vue schématique d'un autre dispositif pour mettre en oeuvre l'invention.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

10 Dans la présente invention, on est amené à utiliser une première chaîne de spectrométrie CS1 schématiquement représentée sur la figure 1 et destinée à la détection et l'analyse de rayonnements X et γ .

15 On est aussi amené à utiliser dans certains cas une deuxième chaîne de spectrométrie CS2 schématiquement représentée sur la figure 2 et également destinée à la détection et l'analyse de rayonnements X et γ .

20 La première chaîne CS1 est une chaîne de spectrométrie « grossière » comprenant un détecteur de type scintillateur 2 (scintillateur plastique ou scintillateur en NaI par exemple) ainsi que des moyens de traitement des signaux fournis par ce scintillateur.

25 Ces moyens de traitement comprennent successivement un photomultiplicateur 4 et des moyens électroniques 6 de traitement des signaux électriques fournis par ce photomultiplicateur.

 Ces moyens électroniques 6 sont associés à un ordinateur 8 qui permet de faire des calculs à

partir des spectres d'émission acquis au moyen de la première chaîne de spectrométrie.

Cet ordinateur 8 est muni de diverses mémoires telles que la mémoire 10 ainsi qu'une mémoire 5 12 importante pour la mise en oeuvre de l'invention.

Cette mémoire 12 est une base de données spectrales sur laquelle on reviendra par la suite.

On voit également sur la figure 1 des moyens 14 de visualisation qui sont associés à 10 l'ordinateur 8 et qui permettent de visualiser les résultats obtenus avec cet ordinateur.

La deuxième chaîne de spectrométrie CS2 que l'on est éventuellement amené à utiliser pour la mise en oeuvre de l'invention est une chaîne de 15 spectrométrie « fine » qui comprend successivement un détecteur de type semiconducteur 16 (par exemple un détecteur en germanium) et des moyens de traitement des signaux fournis par ce détecteur.

Ces moyens de traitement comprennent 20 successivement un pré-amplificateur 18 et des moyens électroniques 20 de traitement des signaux électriques fournis par ce pré-amplificateur.

On voit sur la figure 2 qu'on associe aux moyens électroniques 20 l'ordinateur 8 muni des 25 mémoires 10 et 12 et des moyens de visualisation 14, pour faire des calculs à partir des spectres d'émission acquis au moyen de la chaîne de spectrométrie CS2 et visualiser les résultats obtenus avec cet ordinateur.

Le détecteur de type scintillateur 2 se 30 caractérise par une grande efficacité.

Ce détecteur 2 est très sensible aux rayonnements X et γ , possède un grand pouvoir de

détection et rend possible l'appréciation de faibles variations.

Cette grande efficacité est appliquée dans la présente invention à la comparaison (spectres acquis
5 avec ce détecteur de type scintillateur) et à la quantification de la variation relative des spectres entre eux.

Le détecteur de type semiconducteur 16 se caractérise quant à lui par une grande finesse de
10 séparation.

Contrairement au détecteur de type scintillateur, ce détecteur de type semiconducteur est un moyen d'analyse et d'investigation qui permet de déterminer avec une grande précision relative (par
15 rapport au détecteur de type scintillateur qui ne se prête pas à l'analyse fine) les aspects qualitatifs (nombre, nature, présence d'isotope) et quantitatifs (proportions relatives) des radionucléides dans une source radioactive.

20 Cette propriété est appliquée dans la présente invention à l'analyse précise (spectrométrie fine) de sources radioactives.

L'association des deux chaînes de spectrométrie CS1 et CS2 et donc des deux types de
25 détecteurs permet d'exploiter les qualités relatives à chacun de ceux-ci et d'utiliser l'effet de synergie créé, le détecteur de type scintillateur étant particulièrement bien adapté à la quantification des variations relatives des spectres par comparaison et le
30 détecteur de type semiconducteur étant particulièrement bien adapté à une analyse fine, qualitative et quantitative.

On donne maintenant un exemple de mise en oeuvre du procédé d'analyse de sources radioactives objet de l'invention.

On suppose que l'on veut faire une
5 caractérisation, c'est-à-dire une analyse qualitative fine ainsi qu'une analyse quantitative fine, de sources radioactives $N_1, N_2 \dots N_i \dots N_n$ qui émettent des rayonnements X et γ , le nombre n étant par exemple égal à 100.

10 Ces sources radioactives sont par exemple des colis de déchets radioactifs.

Ce mode de mise en oeuvre particulier comprend deux phases.

Dans une première phase on mesure
15 l'ensemble des sources au moyen de la première chaîne de spectrométrie CS1 et l'on constitue la base de données que l'on peut aussi appeler « bibliothèque de comparaison ».

Le spectre SN1 d'émission radioactive de la
20 source N_1 est acquis au moyen de la chaîne CS1 et il est intégré à la bibliothèque de comparaison.

Ensuite le spectre SN2 d'émission radioactive de la source N_2 est acquis au moyen de la chaîne CS1.

25 Ce spectre est comparé informatiquement aux spectres contenus dans la bibliothèque de comparaison.

Deux cas de figures peuvent se présenter :

1) le logiciel dont est muni l'ordinateur 8 peut
reconstituer mathématiquement le spectre de la
30 source N_2 au moyen d'une combinaison linéaire $SN2^*$ des spectres résidant dans la bibliothèque de comparaison, auquel cas ce spectre SN2 de la

source N2 n'est pas intégré à la bibliothèque de comparaison

- 2) le logiciel ne peut pas reconstituer mathématiquement ce spectre de la source N2 au moyen d'une combinaison linéaire des spectres résidant dans la bibliothèque de comparaison, auquel cas le spectre SN2 de la source N2 est intégré à la bibliothèque de comparaison.

Dans le cas présent on suppose que la source N2 est différente de la source N1 de sorte que le spectre SN2 de la source N2 est différent du spectre SN1 de la source N1 (seul spectre présent dans la bibliothèque de comparaison) et n'est pas proportionnel à ce spectre SN1.

Le spectre de la source N2 est donc intégré à la bibliothèque de comparaison.

On précise que tous les spectres acquis au moyen de la première chaîne de spectrométrie CS1 font l'objet d'une sauvegarde informatique et qu'il en est de même pour les spectres acquis au moyen de la deuxième chaîne de spectrométrie CS2.

On précise également que le spectre calculé SN_i^* ($1 \leq i \leq n$) formé par la reconstitution mathématique du spectre de la source N_i par combinaison linéaire de spectres résidant dans la bibliothèque de comparaison est validé ou invalidé sur la base d'un niveau de représentativité ou degré d'identité de ce spectre calculé SN_i^* par rapport au spectre mesuré ou spectre acquis SN_i .

L'outil mathématique utilisé pour le rejet ou l'acceptation du spectre SN_i^* est appelé ci-après estimateur de qualité.

L'acceptation ou le rejet du spectre SN_i^* est subordonné au choix d'une valeur d'erreur.

Cette valeur d'erreur est représentative de l'adéquation entre le spectre calculé SN_i^* et le spectre mesuré SN_i .

La valeur maximale limite de l'erreur pour valider un spectre SN_i^* est déterminée en fonction de l'application considérée de l'invention.

En revenant à la première phase du procédé, le spectre d'émission radioactive de la source N3 est ensuite acquis avec la première chaîne CS1.

Ce spectre SN_3 est comparé informatiquement aux spectres contenus dans la bibliothèque de comparaison.

Si le logiciel peut reconstituer mathématiquement ce spectre mesuré SN_3 au moyen d'une combinaison linéaire SN_3^* des spectres contenus dans la bibliothèque alors ce spectre SN_3 n'est pas intégré à cette bibliothèque.

Si au contraire le logiciel ne peut pas reconstituer mathématiquement le spectre SN_3 au moyen d'une combinaison linéaire des spectres SN_1 et SN_2 contenus dans la bibliothèque de comparaison le spectre mesuré SN_3 est intégré à cette bibliothèque et c'est ce que l'on suppose dans l'exemple considéré ici.

On fait de même pour toutes les autres sources S_4 à S_{100} : on mesure chacune de ces sources avec la chaîne SC1 et l'on place, ou au contraire on ne place pas, le spectre SN_i acquis ($4 \leq i \leq 100$) dans la base de données selon que l'on est incapable, ou au contraire capable, d'exprimer ce spectre, à l'aide de du logiciel, sous la forme d'une combinaison linéaire

des spectres de la base de données c'est-à-dire les spectres SN1, SN2 et SN3 dans l'exemple considéré.

Supposons dans cet exemple que chacun des spectres SN4 à SN100 puisse être mathématiquement
5 décrit comme une combinaison linéaire des spectres de la bibliothèque de comparaison.

Les combinaisons linéaires SN4* à SN100* sont donc acceptées et les spectres mesurés correspondants SN4 à SN100 ne sont donc pas intégrés à
10 la bibliothèque de comparaison.

Les trois spectres de la bibliothèque de comparaison SN1, SN2 et SN3 (dans l'exemple considéré) sont suffisants pour reconstituer par calcul et avec un niveau d'erreur acceptable, déterminé au préalable,
15 l'ensemble des spectres SN4 à SN100.

On précise que l'on mémorise les coefficients de chacune des combinaisons linéaires correspondantes.

Il est donc maintenant possible de
20 reconstituer ou de décrire mathématiquement les spectres acquis au moyen de combinaisons linéaires des spectres intégrés à la bibliothèque de comparaison et obtenus à l'aide de la première chaîne de spectrométrie CS1.

25 Cependant ces spectres acquis avec la chaîne CS1 et intégrés à la bibliothèque ne sont pas, de par la nature de leur acquisition, à même de livrer un grand nombre d'informations de qualité sur les sources radioactives.

30 L'analyse qualitative et quantitative fines de ces spectres SN1 à SN100 fait l'objet d'une deuxième phase du mode de mise en oeuvre particulier de l'invention.

Dans cette deuxième phase on fait l'acquisition de spectres Sf1, Sf2 et Sf3 des sources N1, N2 et N3 au moyen de la deuxième chaîne SC2 et l'on mémorise ces spectres dans la base de données.

5 Ces sources N1 à N3 sont dès lors caractérisées avec précision par leurs spectres respectifs Sf1, Sf2 et Sf3.

Ces derniers permettent aussi de caractériser après précision les autres sources
10 radioactives N4 à N100 en tant que combinaisons linéaires de ces spectres Sf1 à Sf3.

Pour chaque source N_i ($4 \leq i \leq 100$) les coefficients de la combinaison linéaire correspondante SN_i^* ($4 \leq i \leq 10$) sont ceux qui avaient été déterminés
15 précédemment et mémorisés.

Ils sont indépendant des détecteurs et ne dépendent que de la source radioactive N_i .

L'invention permet donc de limiter la mise en oeuvre d'une méthode lourde et coûteuse
20 d'investigation à un nombre très réduit de sources radioactives, égal à 3% dans l'exemple considéré.

On revient maintenant à la première phase de cet exemple pour expliquer une façon de déterminer les coefficients des combinaisons linéaires.

25 On suppose que la bibliothèque de comparaison contient K spectres obtenus avec la première chaîne de spectrométrie (K est égal à 3 dans l'exemple ci-dessus) et que chaque spectre de cette bibliothèque est défini par M canaux.

30 Ces spectres sont donc définis par une matrice B de terme général B_{ij} ayant M lignes et K colonnes, i variant de 1 à M et j variant de 1 à K.

Considérons aussi un spectre mesuré qui peut être représenté par un vecteur-colonne Y de composantes $Y_1 \dots Y_M$.

On cherche donc les coefficients de la
5 combinaison linéaire correspondant à ce spectre mesuré.

Ces coefficients sont notés $X_1 \dots X_K$ et forment les composants d'un vecteur-colonne noté X .

Il faut résoudre l'équation matricielle :

$$Y = B.X \quad (1)$$

10 Pour résoudre cette équation on minimise l'écart quadratique S entre le spectre calculé (combinaison linéaire des K spectres) et le spectre mesuré.

De plus une pondération est nécessaire dans
15 cet écart quadratique S pour tenir compte du fait que le spectre correspondant au vecteur Y est le résultat d'une mesure entachée d'une certaine erreur.

Pour cette pondération on considère des coefficients $P_1, P_2 \dots P_M$ et l'on minimise la quantité S
20 telle que :

$$S = \sum_{i=1}^M P_i (Y_i - \sum_{j=1}^K B_{ij} X_j)^2 \quad (2)$$

Pour minimiser S il faut annuler les
25 dérivées partielles de S par rapport aux valeurs X_j .

On obtient alors :

$$X = A^{-1}.C \quad (3) \quad \text{avec } A = {}^T B.P.B \quad (4) \quad \text{et } C = {}^T B.P.Y \quad (5)$$

30 Dans ces équations ${}^T B$ représente la matrice transposée de B et P représente la matrice dont la première diagonale est constituée par les coefficients

$P_1, P_2 \dots P_M$ et dont les autres composantes sont nulles.

Un estimateur de la qualité du résultat est défini par :

5

$$\alpha = S/(M-K) \quad (6)$$

Cet estimateur doit tendre vers 1 lorsque l'on choisit comme pondération P_i l'inverse de la variance associée à chaque Y_i .

10

L'incertitude associée au calcul du coefficient X_i vaut alors :

$$\sigma_i^2 = (M-K)(A^{-1})_{ii} \quad i = 1 \text{ à } K \quad (7)$$

15

Le spectre de différence obtenu en calculant les écarts, canal par canal, entre le spectre mesuré et le spectre calculé permet de mettre en évidence l'apparition ou la disparition de raies γ ainsi que les variations de diffusions de la géométrie mesurée (changement de configuration de mesure).

20

Lorsqu'on dispose de la bibliothèque de comparaison on est capable de faire de nouvelles mesures avec la première chaîne de spectrométrie CS1 pour de nouvelles sources radioactives provenant de la zone d'où étaient issues les sources N1 à N100 précédentes et, si l'on est capable d'exprimer le spectre de chacune de ces nouvelles sources en tant que combinaison linéaire des spectres de la bibliothèque, correspondant à la première chaîne, on peut former mathématiquement le spectre de chaque nouvelle source correspondant à la chaîne CS2.

25

30

Il est à noter que, pour les première et deuxième phases mentionnées plus haut, au lieu de faire d'abord toutes les mesures avec la première chaîne de spectrométrie puis toute les mesures avec la deuxième chaîne de spectrométrie on peut mesurer chaque source avec la première chaîne de spectrométrie puis immédiatement après avec la deuxième chaîne de spectrométrie si le premier spectre correspondant à cette source n'a pu être exprimé sous la forme d'une combinaison linéaire des spectres homologues de la base de données.

De plus, si l'on connaît à l'avance les éléments radioactifs susceptibles de se trouver dans les sources radioactives que l'on veut analyser, on peut constituer à l'avance, par calcul, la base de données puis aller dans la zone où se trouvent les sources radioactives que l'on veut analyser et faire les mesures de celles-ci au moyen de la première chaîne de spectrométrie SC1.

En revenant aux première et deuxième phases de l'exemple mentionné plus haut, on suppose que toutes les sources radioactives devant être analysées sont des colis de déchets radioactifs conditionnés de la même façon : les conteneurs remplis des déchets ont tous la même masse, la même forme, le même volume et les conteneurs proprement dits sont tous faits du même matériau et ont tous la même épaisseur de ce matériau.

Si ultérieurement on veut analyser dans la même zone de nouveaux colis de déchets radioactifs dont le conditionnement n'est plus le même, il faut alors effectuer un prétraitement de normalisation des spectres.

Il convient de faire ce pré-traitement si par exemple l'épaisseur des conteneurs a changé, d'où un nouvel effet d'écran, ou si la forme ou la masse des colis de déchets radioactifs a changé.

5 Par exemple lorsque la masse des colis de déchets radioactifs a changé par rapport aux colis analysés au cours de la première phase de l'exemple donné plus haut, on obtient des spectres homothétiques de ceux qui avaient été obtenus au cours de cette
10 première phase.

On est alors capable de déterminer par le calcul de nouveaux spectres connaissant les paramètres modifiés.

REVENDEICATIONS

1. Procédé d'analyse de sources radioactives, ce procédé étant caractérisé en ce que :

- 5 - on mesure chaque source avec une première chaîne de spectrométrie (CS1) comprenant un détecteur de type scintillateur (2) et munie d'une base de données destinée à contenir des premiers spectres d'émission susceptibles d'être obtenus avec cette première chaîne de spectrométrie, pour acquérir
10 un premier spectre d'émission correspondant à la source mesurée, et
- 15 - on place, ou on ne place pas, ce premier spectre dans la base de données, selon que l'on est incapable, ou capable, d'exprimer ce premier spectre sous la forme d'une première combinaison
linéaire des premiers spectres de la base de données.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel

- 20 - la base de données est en outre destinée à contenir des deuxièmes spectres d'émission susceptibles d'être obtenus avec une deuxième chaîne de spectrométrie (CS2) comprenant un détecteur de type semiconducteur (16), chacun de
25 ces deuxièmes spectres correspondant à un premier spectre de la base de données et à une source radioactive conduisant à ce premier spectre, et
- 30 - lorsqu'on est capable d'exprimer le premier spectre correspondant à ladite source mesurée sous la forme de la première combinaison linéaire, on forme aussi une deuxième combinaison linéaire des deuxièmes spectres de la base de données, les coefficients de cette deuxième

combinaison linéaire étant identiques à ceux de la première combinaison linéaire, pour obtenir ainsi un deuxième spectre correspondant à ladite source mesurée.

5 3. Procédé selon la revendication 1, dans lequel

- 10 - la base de données est en outre destinée à contenir des deuxièmes spectres d'émission susceptibles d'être obtenus avec une deuxième chaîne de spectrométrie (CS2) comprenant un détecteur de type semiconducteur (16), chacun de ces deuxièmes spectres correspondant à un premier spectre de la base de données et à une source radioactive conduisant à ce premier spectre,
- 15 - on mesure en outre chaque source, dont le premier spectre n'a pu être exprimé sous la forme d'une première combinaison linéaire des premiers spectres de la base de données, avec cette deuxième chaîne de spectrométrie, pour acquérir
20 un deuxième spectre d'émission correspondant à cette source,
- on place ce deuxième spectre dans la base de données, et
- 25 - pour chaque autre source, dont le premier spectre a pu être exprimé sous la forme d'une première combinaison linéaire des premiers spectres de la base de données, on forme une deuxième combinaison linéaire des deuxièmes spectres de la base de données, les coefficients de cette
30 deuxième combinaison linéaire étant identiques à ceux de la première combinaison linéaire correspondant à cette autre source.

4. Procédé selon la revendication 3, dans lequel chaque source est mesurée avec la première chaîne de spectrométrie (CS1) puis, immédiatement après, avec la deuxième chaîne de spectrométrie (CS2)
5 si le premier spectre correspondant à cette source n'a pu être exprimé sous la forme d'une première combinaison linéaire des premiers spectres de la base de données.

5. Procédé selon la revendication 3, dans lequel on fait d'abord toutes les mesures avec la
10 première chaîne de spectrométrie (CS1) puis toutes les mesures avec la deuxième chaîne de spectrométrie (CS2).

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel les sources
15 radioactives sont des matières radioactives conditionnées, toutes les matières ayant le même conditionnement.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel les sources
20 radioactives sont des matières radioactives conditionnées, les matières n'ayant pas toutes le même conditionnement, et un traitement de normalisation de chaque spectre acquis est effectué avant de placer ce spectre dans la base de données ou d'exprimer ce
25 spectre sous la forme d'une combinaison linéaire.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel la base de données est initialement formée par calcul pour des sources radioactives déterminées.

9. Dispositif pour la mise en oeuvre du
30 procédé selon la revendication 1, ce dispositif étant caractérisé en ce qu'il comprend la première chaîne de spectrométrie (CS1), celle-ci comprenant en outre des

moyens (4, 6) de traitement des signaux fournis par le détecteur de type scintillateur (2), ces premiers moyens de traitement étant munis de la base de données.

10. Dispositif selon la revendication 9,
5 pour la mise en oeuvre du procédé selon la revendication 3, ce dispositif comprenant en outre la deuxième chaîne de spectrométrie (CS2), celle-ci comprenant en outre des deuxièmes moyens (18, 20) de traitement des signaux fournis par le détecteur (16) de
10 type semiconducteur, ces deuxièmes moyens de traitement étant munis de la base de données.

1 / 1

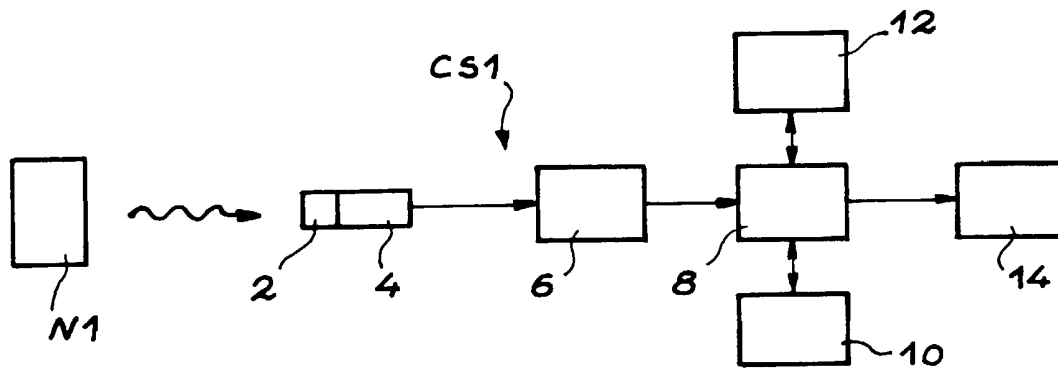


FIG. 1

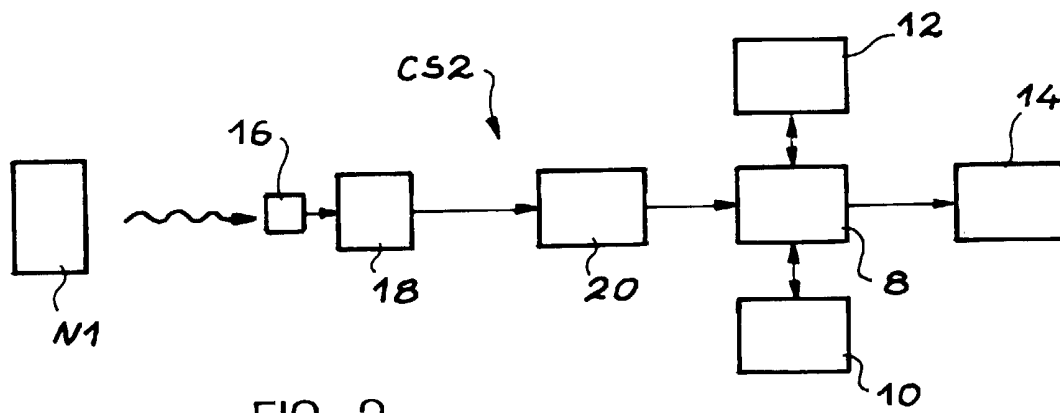


FIG. 2

RAPPORT DE RECHERCHE
PRELIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 555450
FR 9804178

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
A	WO 90 01711 A (WALLAC OY) 22 février 1990 * abrégé *	1
A	US 5 412 216 A (DODSON JR CHARLES L) 2 mai 1995 * abrégé *	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 017, no. 194 (P-1522), 15 avril 1993 -& JP 04 343051 A (CASIO COMPUT CO LTD), 30 novembre 1992 * abrégé *	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018, no. 657 (P-1842), 13 décembre 1994 -& JP 06 258496 A (TOSHIBA CORP), 16 septembre 1994 * abrégé *	9, 10
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CL.6)
		G01T
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
21 janvier 1999		Anderson, A
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant		