



DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets ⁵ : G01N 23/08, A61B 6/00	A1	(11) Numéro de publication internationale: WO 94/28398 (43) Date de publication internationale: 8 décembre 1994 (08.12.94)
<p>(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR94/00581</p> <p>(22) Date de dépôt international: 16 mai 1994 (16.05.94)</p> <p>(30) Données relatives à la priorité: 93/06449 28 mai 1993 (28.05.93) FR</p> <p>(71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): SCHLUMBERGER INDUSTRIES S.A. [FR/FR]; 50 Avenue Jean-Jaurès, F-92120 Montrouge (FR).</p> <p>(72) Inventeurs; et (75) Inventeurs/Déposants (US seulement): MAITREJEAN, Serge [FR/FR]; 1, square Albin-Cachot, F-75013 Paris (FR). PERION, Didier [FR/FR]; 2, rue Chereau, F-75013 Paris (FR).</p> <p>(74) Mandataire: SERIN, M.; Cabinet Pierre Loyer, 77, rue Boissière, F-75116 Paris (FR).</p>	<p>(81) Etats désignés: AU, BB, BG, BR, BY, CA, CN, CZ, FI, HU, JP, KP, KR, KZ, LK, MG, MN, MW, NO, NZ, PL, RO, RU, SD, SK, UA, US, VN, brevet européen (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG).</p> <p>Publiée Avec rapport de recherche internationale.</p>	

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR DETERMINING THE ATTENUATION FUNCTION OF AN OBJECT WITH RESPECT TO THE TRANSMISSION OF A REFERENCE MATERIAL THICKNESS

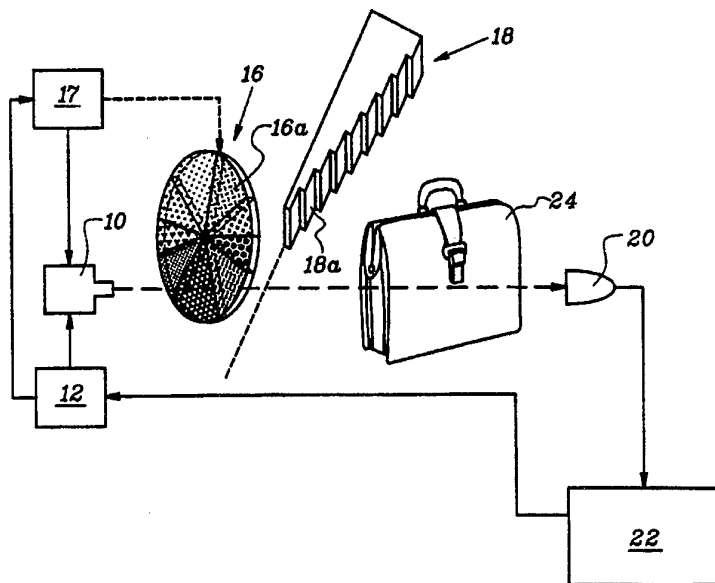
(54) Titre: PROCÉDE ET DISPOSITIF POUR DETERMINER LA FONCTION D'ATTENUATION D'UN OBJET PAR RAPPORT A LA TRANSMISSION D'UNE EPAISSEUR D'UN MATERIAU DE REFERENCE

(57) Abstract

The transmission function of the object is expressed as a finite power development of the transmission of a reference thickness of a reference material, each development power being equal to a ratio between a reference material thickness and the reference thickness; the coefficients of the development are determined by measurements taken of the intensity transmitted by these various selected thicknesses, including the zero thickness, of the reference material subjected to a measurement beam presenting successively a plurality of energy spectra and by measurements taken of the intensity transmitted by the object subjected to that same variable spectrum measurement beam; the attenuation function is deduced from the determination of the transmission function. Application to radioscopy.

(57) Abrégé

La fonction de transmission de l'objet est exprimée comme un développement fini en puissances de la transmission d'une épaisseur de référence d'un matériau de référence, chaque puissance du développement étant égale à un rapport entre une épaisseur du matériau de référence et l'épaisseur de référence; les coefficients du développement sont déterminés grâce aux mesures de l'intensité transmise par les différentes épaisseurs choisies, incluant l'épaisseur nulle, du matériau de référence soumis à un faisceau de mesure présentant successivement plusieurs spectres en énergie et aux mesures de l'intensité transmise par l'objet soumis à ce même faisceau de mesure à spectre variable; la fonction d'atténuation est déduite de la détermination de la fonction de transmission. Application à la radioscopie.



UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AT	Autriche	GB	Royaume-Uni	MR	Mauritanie
AU	Australie	GE	Géorgie	MW	Malawi
BB	Barbade	GN	Guinée	NE	Niger
BE	Belgique	GR	Grèce	NL	Pays-Bas
BF	Burkina Faso	HU	Hongrie	NO	Norvège
BG	Bulgarie	IE	Irlande	NZ	Nouvelle-Zélande
BJ	Bénin	IT	Italie	PL	Pologne
BR	Brésil	JP	Japon	PT	Portugal
BY	Bélarus	KE	Kenya	RO	Roumanie
CA	Canada	KG	Kirghizistan	RU	Fédération de Russie
CF	République centrafricaine	KP	République populaire démocratique de Corée	SD	Soudan
CG	Congo	KR	République de Corée	SE	Suède
CH	Suisse	KZ	Kazakhstan	SI	Slovénie
CI	Côte d'Ivoire	LI	Liechtenstein	SK	Slovaquie
CM	Cameroun	LK	Sri Lanka	SN	Sénégal
CN	Chine	LU	Luxembourg	TD	Tchad
CS	Tchécoslovaquie	LV	Lettonie	TG	Togo
CZ	République tchèque	MC	Monaco	TJ	Tadjikistan
DE	Allemagne	MD	République de Moldova	TT	Trinité-et-Tobago
DK	Danemark	MG	Madagascar	UA	Ukraine
ES	Espagne	ML	Mali	US	Etats-Unis d'Amérique
FI	Finlande	MN	Mongolie	UZ	Ouzbékistan
FR	France			VN	Viet Nam
GA	Gabon				

PROCEDE ET DISPOSITIF POUR DETERMINER LA FONCTION D'ATTENUATION D'UN OBJET
PAR RAPPORT A LA TRANSMISSION D'UNE EPAISSEUR D'UN MATERIAU DE REFERENCE

5

La présente invention concerne un procédé pour déterminer la fonction d'atténuation d'un objet et un dispositif pour la mise en oeuvre du procédé. Elle s'applique notamment mais pas uniquement à la radioscopie. D'une manière générale, elle s'applique au domaine de
10 la spectroscopie dans la gamme d'énergie allant de quelques keV à quelques MeV.

De façon usuelle, on ne détermine pas la fonction d'atténuation d'un objet mais uniquement des valeurs de cette fonction pour des
15 énergies données. La fonction d'atténuation peut être ensuite reconstituée par interpolation d'une courbe passant par ces points. On utilise le plus souvent des faisceaux monochromatiques de rayons X ou γ d'énergie stable et déterminée, provenant de sources isotopiques dont l'énergie est éventuellement diminuée par effet
20 Compton ou issus de tubes à rayons X à spectre large filtré par un réseau de Bragg pour obtenir un spectre de raies.

L'objet à caractériser est placé sur le parcours du faisceau et un détecteur mesure, pour les différentes énergies, l'intensité du faisceau
25 transmis.

Si l'on pose que $I_0(E)$ représente l'intensité du faisceau incident d'énergie E, que $I_t(E)$ représente l'intensité du faisceau transmis après traversée de l'objet, alors la transmission $Tr(E)$ pour l'énergie E est égale au rapport $I_t(E)/I_0(E)$. L'atténuation considérée pour l'énergie E,
30 $Att(E)$, est égale à $-\text{Log } Tr(E)$.

Ces techniques connues présentent de nombreux inconvénients. Les atténuations ne sont déterminées que pour un faible nombre d'énergies. En conséquence, si l'on veut déterminer la fonction
35 atténuation, il faut ajuster une courbe passant par ces points ce qui rend la précision dépendante de la manière dont est réalisée l'interpolation.

De plus, la détermination des valeurs de l'atténuation par ces techniques est lente si l'on désire obtenir une précision de l'ordre de 1%. En effet, il est nécessaire de moyenner un grand nombre de mesures et un temps de l'ordre d'une seconde est nécessaire pour
5 déterminer une valeur de l'atténuation.

Ce dernier point interdit l'utilisation de ces techniques pour la réalisation d'images, et plus encore la réalisation d'images en temps quasi-réel, impérative dans les applications touchant à l'inspection
10 des bagages et la sécurité.

Une image comprend environ 500 points par ligne et environ 600 lignes; si chaque mesure nécessite une seconde, la réalisation d'une image, pour une énergie unique, demande environ 83h, à multiplier
15 par le nombre voulu d'énergies.

D'autre part, la diffraction de Bragg et l'effet Compton sont dépendants de l'angle d'incidence du faisceau et ne permettent d'obtenir un faisceau à l'énergie désirée que pour un angle d'incidence donné
20 obtenu avec un faisceau parallèle. Avec ce type de faisceau collimaté, il n'est possible de faire la mesure de la transmission qu'en un point de l'objet . Pour obtenir simultanément un grand nombre de points de mesure, il faut multiplier les moyens d'émission de faisceau, car étant donnée la dépendance angulaire, l'utilisation d'un faisceau en
25 éventail est interdite. On comprend que la mise en oeuvre d'un tel montage est très complexe et coûteuse.

L'utilisation de sources isotopiques est plus simple mais ces sources présentent aussi des inconvénients. En effet, pour des raisons de
30 sécurité, la manipulation des sources est sévèrement réglementée et l'intensité des faisceaux est faible.

Donc, les techniques connues de mesure d'atténuation ne permettent des évaluations que pour des énergies particulières dépendant
35 fortement du dispositif utilisé et non de la volonté ou des besoins de

l'utilisateur. D'autre part, elles nécessitent un temps de mesure très long, sont coûteuses et délicates à mettre en oeuvre; par conséquent, ces techniques sont difficilement utilisables en radioscopie, ou en imagerie de sécurité qui sont des domaines importants d'application de la détermination de l'atténuation d'un objet.

La présente invention pallie ces inconvénients. Elle permet de déterminer la fonction d'atténuation de manière très rapide (en un temps de l'ordre de la dizaine de millisecondes) en utilisant des tubes à rayons X ou des générateurs de rayons γ standards. La fonction d'atténuation est déterminée en fonction d'une variable en relation bijective avec l'énergie. Comme on va le voir plus loin, la transmission u d'une épaisseur de référence d'un matériau de référence est choisie comme variable. Si l'on désire exprimer l'atténuation de l'objet en fonction de l'énergie, il suffit de mesurer une fois pour toute (et non à chaque détermination) la transmission u pour les énergies souhaitées, ceci à l'aide des techniques de l'art antérieur.

De manière plus précise, l'invention concerne un procédé pour déterminer la fonction d'atténuation d'un objet, comprenant les étapes suivantes:

- A) Exprimer la fonction de transmission de l'objet comme un développement fini en puissances de la transmission u d'une épaisseur de référence d'un matériau de référence, chaque puissance de u étant affectée d'un coefficient, les puissances du développement étant égales à un rapport entre des épaisseurs préalablement déterminées du matériau de référence et l'épaisseur de référence;
- B) Déterminer les coefficients du développement:
 - a) en mesurant l'intensité d'un faisceau de mesure pour différents spectres en énergie,
 - b) pour chacun desdits spectres en énergie, en mesurant l'intensité du faisceau transmise par chacune des épaisseurs considérées de matériau de référence,

- c) pour chacun desdits spectres en énergie, en mesurant l'intensité du faisceau transmis par l'objet,
- d) pour chacun desdits spectres, en décomposant l'intensité du faisceau transmis par l'objet en une somme des intensités mesurées à l'étape B-b) relatives au spectre considéré, ces intensités étant affectées des coefficients recherchés;
- e) en résolvant le système d'équations obtenu à l'étape B-d);
- C) Déduire des étapes A et B, la fonction d'atténuation de l'objet exprimée en fonction de u .

Lesdits spectres en énergie sont contenus dans une gamme allant de 10 à 500 keV correspondant à la gamme des rayons X ou lesdits spectres en énergie sont contenus dans une gamme allant de 0,5 MeV à 20 MeV correspondant à la gamme des rayons γ .

Avantageusement, lesdits spectres en énergie sont tels que les spectres successifs se recouvrent partiellement.

Pour permettre la détermination de la fonction d'atténuation, le nombre d'épaisseurs de matériau de référence doit être inférieur ou égal au nombre de spectres en énergie; par exemple, $N+1$, N entier ≥ 2 , spectres en énergie sont utilisés, et N épaisseurs de matériau de référence sont soumises à ces spectres.

Par exemple, N peut être égal à 9.

De manière avantageuse, les puissances du développement augmentées de $1/2$ forment une suite géométrique de raison égale à une racine de trois, la première puissance du développement étant égale à zéro.

Dans la succession des épaisseurs du matériau de référence, l'ordre de l'épaisseur de référence détermine le choix de la racine de trois. C'est ainsi que si l'épaisseur de référence est choisie comme la troisième épaisseur dans la succession des épaisseurs du matériau de référence, la raison de la suite sera la racine cubique de trois. De cette manière, zéro et un font partie de la suite. Zéro correspond à

la puissance de u pour une transmission libre, sans matériau de référence dans le trajet du faisceau incident. Un correspond à la puissance de u pour la transmission à travers l'épaisseur de référence. Pour la gamme 10 - 500 KeV, de préférence, le matériau de référence est choisi parmi les corps ayant un numéro atomique effectif, Z effectif, compris entre 5 et 26. De cette manière, le matériau de référence est choisi avec un Z effectif moyen situé entre les matériaux légers et les matériaux lourds.

5
10 Pour cette gamme d'énergies comprise entre 10 et 500keV, le matériau de référence peut être du duralumin.

L'épaisseur de référence est alors comprise entre 1 et 5mm.

Avantageusement, l'épaisseur de référence est sensiblement égale à 4 mm.

15 Si l'on considère la gamme d'énergies comprise entre 0,5 et 20 MeV, le matériau de référence est choisi parmi les corps ayant un numéro atomique effectif, Z effectif, compris entre 13 et 60.

Dans cette gamme, le matériau de référence est avantageusement de l'acier.

20 Pour cette gamme, l'épaisseur de référence peut être comprise entre 0,5 et 2cm; avantageusement, l'épaisseur de référence est prise égale à 1cm.

Pour obtenir une évaluation de la fonction d'atténuation en fonction de l'énergie, les étapes supplémentaires suivantes sont nécessaires:

- 25
- A l'aide de faisceaux quasi monochromatiques d'énergie et d'intensité connues, mesurer u en fonction de l'énergie,
 - En déduire les valeurs de la fonction d'atténuation de l'objet pour ces énergies.

30

La présente invention présente aussi un dispositif pour la mise en oeuvre du procédé comprenant:

- des moyens pour émettre un faisceau de mesure possédant successivement $N+1$, N entier ≥ 2 , spectres en énergie différents,

35

- N échantillons en un matériau de référence et possédant des épaisseurs différentes, une de ces épaisseurs étant choisie comme épaisseur de référence, ces échantillons étant aptes à être placés à volonté sur le parcours du faisceau,
- 5 - au moins un détecteur apte à la mesure de l'intensité du faisceau pour chaque spectre en énergie ainsi qu'à la mesure de l'intensité du faisceau transmis par les échantillons et l'objet, soumis au faisceau de mesure,
- pour chaque détecteur, des moyens de traitement aptes à
- 10 calculer, à partir de la mesure de l'intensité du faisceau ainsi que de la mesure de l'intensité du faisceau transmis par les échantillons et l'objet, la fonction de transmission de l'objet et à en déduire la fonction atténuation exprimée en fonction de la transmission de l'épaisseur de référence du matériau de référence.

15

Selon une variante, le dispositif pour la mise en oeuvre du procédé comprend:

- des moyens pour émettre un faisceau de mesure à spectre large,
- N, N étant un entier ≥ 2 , échantillons en un matériau de référence
- 20 et possédant des épaisseurs différentes, une de ces épaisseurs étant choisie comme épaisseur de référence,
- au moins un empilement de détecteurs, chaque détecteur étant sensible à une partie du spectre en énergie, l'empilement étant ordonné du détecteur sensible à la partie du spectre d'énergie la
- 25 plus faible au détecteur sensible à la partie du spectre d'énergie la plus haute,
- pour chaque empilement, connectés en sortie des détecteurs de l'empilement considéré, des moyens de traitement aptes à calculer, à partir de la mesure de l'intensité des différents spectres du
- 30 faisceau de mesure, de la mesure de l'intensité des spectres correspondant au faisceau de mesure transmis par les échantillons et l'objet, la fonction de transmission de l'objet et en déduire la fonction d'atténuation de l'objet exprimée en fonction de la transmission de l'épaisseur de référence du matériel de référence.

35

L'invention et ses avantages seront mieux compris à la lecture de la description qui suit, donnée à titre illustratif et non limitatif et faisant référence aux dessins annexés dans lesquels:

La figure 1 représente schématiquement un dispositif pour la mise en oeuvre du procédé conforme à l'invention;

La figure 2 représente schématiquement une suite de spectres en énergie utilisée pour mesurer des transmissions;

La figure 3 représente schématiquement une coupe longitudinale d'une pièce en forme de marches;

La figure 4 représente schématiquement une variante de réalisation d'un dispositif pour la mise en oeuvre du procédé conforme à l'invention.

En référence à la figure 1, on décrit maintenant un premier dispositif pour la mise en oeuvre du procédé de l'invention. Ce dispositif comprend un générateur 10 de rayons X (gamme d'énergie allant de 10 à 500 keV) ou de rayons γ (gamme d'énergie allant de 0,5 à 20 Mev) selon la gamme d'énergie souhaitée. Dans cet exemple de réalisation, sous l'effet de la commande 12 à potentiel variable, le générateur 10 délivre un faisceau 14 dont l'énergie maximum est variable.

Un système 16 permet de faire défiler différents filtres 16a, en synchronisme avec la variation d'énergie du faisceau. Dans l'exemple de la figure 1, le système à filtres comprend un disque dont les portions correspondent chacune à un filtre différent. Les filtres sont du type passe-haut et sont connus en eux mêmes. La rotation du disque est entraînée par un système de commande 17 connectée à la commande 12 pour régler la synchronisation.

D'autres systèmes à filtres peuvent être utilisés de manière équivalente; par exemple, les filtres, disposés successivement, peuvent défiler dans le parcours du faisceau sous l'effet d'une translation.

Sur la figure 2, on a représenté la suite des spectres obtenus successivement lors de la rotation du disque en fonction de l'énergie

du faisceau. Les filtres sont choisis de manière à obtenir un chevauchement des spectres successifs.

Dans le spectre en énergie du faisceau 14 délivré par le générateur 10, chaque filtre supprime toutes les énergies inférieures à un seuil caractéristique du filtre. Pour chaque spectre de la figure 2, la partie
5 des hautes énergies correspond à l'énergie maximale délivrée par le générateur 10 lorsque le filtre associé est placé dans le parcours du faisceau.

10 Dans la pratique, les spectres en énergie ne sont pas caractérisés de manière précise, et leur allure exacte est sans incidence sur la mesure. Par contre, il est important que l'allure et l'intensité de chaque spectre ne varient pas entre le moment où l'on effectue les mesures de référence et les mesures sur l'objet à caractériser.

15 Par ailleurs, les faibles discontinuités dans la succession des spectres sont, elles aussi, sans incidence sur les mesures. Toutefois, pour ne pas perturber les mesures, ces discontinuités doivent être inférieures à 5 keV pour la plage allant de 20 à 40 keV et inférieures à 10 keV au delà.

20 De retour à la figure 1, on voit que le dispositif comprend une pièce 18 en forme de marches d'escalier. Chaque marche correspond à un échantillon de matériau d'épaisseur différente. Un exemple de pièce 18 est représenté schématiquement en coupe longitudinale sur la
25 figure 3.

Cette pièce 18 est réalisée dans un matériau de référence dont le Z effectif peut être compris entre 5 et 26 pour un faisceau incident de rayons X. On choisit par exemple le Duralumin (mélange composé de
30 95% Al, 4,5% Cu, et 0,5%Mn) dont le Z effectif est environ égal à 13,5.

Pour un faisceau incident de rayons γ , le matériau de référence est choisi parmi les matériaux ayant un Z effectif compris entre 13 et 60. On choisit par exemple l'acier dont le Z effectif est égal à 26.

35 On choisit la première marche comme étant la marche de moindre

épaisseur, l'épaisseur des marches suivantes va croissant.

Dans cette réalisation, l'épaisseur de la seconde marche 18a est choisie comme épaisseur de référence. Bien entendu, toute autre
5 marche pourrait être choisie comme marche de référence.
L'épaisseur de référence pour le Duralumin peut être choisie dans la gamme allant de 1 à 5 mm, par exemple 4mm.

L'épaisseur de référence pour l'acier peut être choisie dans la gamme
10 allant de 0,5 à 2cm, par exemple 1cm.

Une épaisseur de référence trop faible défavorise la sensibilité aux hautes énergies; une épaisseur de référence trop importante défavorise la sensibilité aux basses énergies.

15 D'une manière générale, un nombre N d'épaisseurs distinctes de matériau de référence et donc de marches de la pièce 18, est nécessaire lorsque N+1 spectres sont utilisés. La pièce 18 représentée sur la figure 3 comprend neuf marches et est donc
20 adaptée à un dispositif utilisant dix spectres en énergie.

A nouveau en référence à la figure 1, on voit que la pièce 18 peut être placée à volonté sur le parcours du faisceau grâce à un mouvement de translation. Pour des raisons de clarté de représentation, le
25 dispositif permettant la translation de la pièce 18 n'est pas représenté sur la figure 1.

Par ailleurs, la pièce 18 peut prendre d'autres formes, équivalentes à celle de la pièce représentée. Par exemple, la pièce 18 peut prendre
30 la forme d'un disque dont les portions possèdent les différentes épaisseurs souhaitées et dont une portion est évidée pour laisser libre le trajet du faisceau.

Sur la figure 1, on voit que le dispositif comprend un détecteur
35 délivrant un signal électrique proportionnel à l'intensité du faisceau

atteignant le détecteur 20.

Le détecteur 20 est relié à un système de commande et de traitement 22. Le système 22 peut être un ordinateur, par exemple. Le système
5 22 gère les variations de la commande de potentiel variable 12.

On décrit maintenant le procédé conforme à l'invention, pour déterminer la fonction d'atténuation d'un objet.

Lors d'une étape préliminaire, on effectue des mesures de calibration.
10 Ces mesures de calibration consistent à mesurer l'intensité transmise par les différentes épaisseurs du matériau de référence soumises au faisceau de mesure.

Dans un premier temps, on mesure cette intensité transmise pour une épaisseur nulle, c'est à dire sans que la pièce 18 soit interposée dans
15 le trajet du faisceau.

Le système 22 commande la variation du potentiel variable et le filtrage adéquat du faisceau par le système 16 à filtres. Sous l'effet conjugué de la variation de potentiel et du filtrage adéquat, le faisceau de mesure 14 présente successivement N+1 spectres en énergie
20 différents. N+1 peut être par exemple égal à 10.

A chaque valeur d'énergie maximum du faisceau correspond un filtre du système 16 pour obtenir successivement les différents spectres en énergie. Chaque variation de l'énergie maximum est synchronisée
25 avec le positionnement d'un nouveau filtre.

Le détecteur 20 mesure l'intensité intégrée du faisceau de mesure pour chacun des spectres et ces mesures sont mises en mémoire par le système de traitement 22.

30 On refait ensuite ces mêmes mesures mais en plaçant successivement sur le trajet du faisceau les différentes épaisseurs du matériau de référence grâce à une translation de la pièce 18. Une fois ces mesures mises en mémoire par le système 22, la pièce 18 est retirée du trajet du faisceau.

35 La calibration du dispositif est donc très rapide. Lors d'une utilisation

continue du dispositif, elle peut être renouvelée plusieurs fois par jour, car si l'allure exacte de chacun des spectres est sans importance pour les précisions de la mesure (puisque les mesures sont intégrées en énergie), il est par contre important que d'une mesure à l'autre, l'allure et l'intensité des spectres soient identiques.

L'objet 24 à caractériser est ensuite placé sur le trajet du faisceau. L'objet 24 est soumis successivement à chacun des spectres en énergie réalisés par la variation de l'énergie maximum de faisceau synchronisée avec l'interposition du filtre adéquat. Pour chaque spectre en énergie, l'intensité transmise après traversée de l'objet 24 est mesurée par le détecteur 20 puis mise en mémoire.

Grâce à ces mesures, le système 22 déduit une formule analytique de l'atténuation de l'objet au point traversé par le faisceau, cette atténuation étant exprimée en fonction d'un paramètre u qui est la transmission d'une épaisseur donnée d'un matériau de référence.

Seul le cas des rayons X, avec un matériau de référence en Duralumin sera envisagé dans la suite de la description. On comprend que la transposition au cas des rayons γ et de l'acier est immédiat. Pour épaisseur de référence, on choisit l'épaisseur de la seconde marche de la pièce 18.

u est donc égale à:

$$u = e^{-att(E) \cdot 2,7 \cdot 0,4}$$

où $att(E)$ est l'atténuation massique;

2,7 correspond à la densité du Duralumin exprimée en g/cm^3 .

0,4 correspond à l'épaisseur de référence choisie égale à 4mm et exprimée en cm.

Conformément à l'invention, le système 22 met en oeuvre le procédé suivant.

Si on définit l'indice j comme étant le numéro du spectre auquel est soumis l'objet, $j=1$ correspondant au spectre d'énergie la plus basse (le spectre le plus à gauche sur la figure 2), alors l'intensité D_j

transmise par l'objet s'exprime comme suit:

$$D_j = \int I_j(E) T_r(E) dE \quad (0)$$

ou

$$D_j = \int I_j(E) e^{-att(E)} dE \quad (1)$$

5

où $I_j(E)$ est l'intensité du $j^{\text{ème}}$ spectre en énergie, fonction de l'énergie E , $T_r(E)$ et $att(E)$ sont respectivement la fonction de transmission et d'atténuation exprimées ici en fonction de E .

10 En effectuant le changement de variable, faisant apparaître le paramètre u , associé à l'épaisseur de référence ep (en cm) du matériau choisi de densité ρ (en g/cm³)

$$u = e^{-att(E)} \cdot ep \cdot \rho$$

15 D_j s'écrit :

$$D_j = \int I'_j(u) e^{-att'(u)} du \quad (2)$$

où $I'_j(u)$ est l'intensité du $j^{\text{ème}}$ spectre exprimée en fonction de u et $att'(u)$ est la fonction d'atténuation recherchée.

20

La fonction de transmission de l'objet est exprimée en fonction du paramètre u . Dans une première étape, le système 22 réalise ce changement de variable puis il fait l'approximation suivante: la fonction de transmission de l'objet est exprimée comme un

25 développement polynomial fini en puissances du paramètre u ; soit:

$$e^{-att'(u)} \sim \sum_{i=0}^N a_i u^{f(i)} \quad (3)$$

30 i set un indice qui varie de 0 à N .

Cette approximation s'est révélée en pratique très précise puisque l'erreur introduite n'excède pas 10^{-4} en valeur relative.

35 Le nombre de termes du développement ($N+1$) est inférieur ou égal

au nombre de spectres en énergies différentes utilisé pour les mesures de transmission, il est par conséquent inférieur ou égal au nombre N d'épaisseurs de matériau de référence utilisées pour la calibration plus un. De ce fait, chaque indice i correspond à un numéro
5 de marche de la pièce 18, l'indice $i = 0$ correspondant à une épaisseur nulle c'est à dire que la pièce n'est pas dans le trajet du faisceau.

On comprend donc que, pour une même gamme d'énergie, par exemple la gamme allant de 10 keV à 150 keV pour des rayons X,
10 plus le nombre de spectres réalisés sera élevé, meilleure sera l'interpolation. On peut montrer que l'utilisation d'une dizaine de spectres pour une plage d'énergie de 140 keV permet d'obtenir la fonction d'atténuation sur cette plage avec une précision de 10^{-4} .

15 Pour chaque valeur de i , $f(i)$, puissance du développement, représente un rapport entre une des épaisseurs du matériau de référence et l'épaisseur de référence. De manière avantageuse, ces rapports sont tels que les puissances $f(i)$ augmentées de $1/2$ forment une suite géométrique de raison égale à une racine de trois.

20 Sous forme d'expression mathématique, ce choix peut s'écrire:
$$f(i) + 1/2 = a^i (f(0) + 1/2) ;$$

De plus, on choisit $f(0) = 0$, puisque $i = 0$ correspond au trajet libre
25 du faisceau et donc à une épaisseur nulle:
$$f(i) = (a^i - 1) / 2 .$$

De cette manière, si la seconde marche est choisie comme épaisseur de référence, on a :
30 $f(2) = 1$ et par conséquent
$$a = \sqrt{3}$$

Si la seconde marche 18a est choisie comme marche de référence, la raison de la suite est égale à racine carrée de trois.

On peut montrer que ce choix pour les valeurs des puissances du développement et donc pour les épaisseurs des marches permet d'obtenir un développement stable.

- 5 En réalité, à cause des inévitables imprécisions d'usinage, les $f(i)$ ne prennent pas exactement les valeurs calculées. Mais ces faibles écarts sont sans conséquence sur la validité du résultat.

On montre que l'intensité transmise par l'objet pour le spectre j peut

10

$$\text{se décomposer comme suit : } D_j = \sum_{i=0}^N a_i C_{ji} \quad (4)$$

somme dans laquelle les termes C_{ji} correspondent pour chaque spectre j à l'intensité transmise par les différentes épaisseurs de matériau de référence, $i = 0$ correspondant à l'épaisseur nulle (la pièce 18 étant hors du trajet du faisceau).

Dans l'égalité (4), les D_j et les C_{ji} sont connus par leur mesure, seuls les coefficients a_i sont inconnus. Le nombre d'épaisseurs de matériau de référence (en comptant en plus l'épaisseur nulle) peut être choisi inférieur ou égal au nombre de spectres pour que l'on puisse déterminer les coefficients a_i . Dans l'exemple décrit ici, on réalise dix spectres différents en énergie, la pièce 18 comporte neuf marches auxquelles il faut adjoindre les mesures supplémentaires effectuées lorsque la pièce 18 est hors du trajet du faisceau.

Par conséquent, lors d'une étape suivante, à l'aide des valeurs mises en mémoire lors de la calibration et des mesures de transmission de l'objet, le système 22 détermine les a_i . Ceci peut être réalisé par toute méthode connue par exemple par la méthode des moindres carrés.

L'atténuation Att est définie comme:

$Att = -\text{Log}Tr$ où Tr est la transmission.

35 Une fois, les coefficients a_i déterminés, le système 22 les remplace par

leurs valeurs dans l'équation (3), en prend le logarithme népérien et multiplie par (-1). De cette manière, le système 22 déduit la fonction d'atténuation de l'objet 24 en fonction du paramètre u .

5 La figure 4 représente schématiquement une variante de réalisation d'un dispositif pour la mise en oeuvre du procédé conforme à l'invention.

Dans cette variante, au lieu de tester successivement les différents spectres en énergie du faisceau de mesure, un faisceau de mesure à spectre fixe et large est utilisé. Les mesures d'intensité transmises par la pièce 18 ou par l'objet 24 sont effectuées grâce à un empilement 30 de détecteurs 30a, 30b, ... , et jouant chacun le rôle de filtre passe haut pour les détecteurs suivants. C'est ainsi que chaque détecteur délivre un signal électrique correspondant à l'intensité pour une partie déterminée du spectre large en énergie.

On comprend donc que dans le dispositif de la figure 1, les objets à caractériser sont soumis à un faisceau de mesure présentant successivement des spectres en énergie différents de manière à balayer la gamme en énergie désirée, alors que dans le dispositif de la figure 4, les objets sont soumis à un faisceau de mesure à spectre large correspondant à la gamme en énergie désirée, ce spectre large étant ensuite filtré par les différents détecteurs.

Le dispositif de la figure 4 comprend un générateur 26 de faisceau de mesure qui peut être un générateur de rayons X ou γ . Ce générateur 26 est connecté à une commande 28 à potentiel fixe telle que le faisceau de mesure présente un spectre large en énergie. Par spectre large en énergie, on entend toute la gamme d'énergie que l'on désire tester, par exemple la gamme s'étendant de 10 keV à 500 keV pour les rayons X ou 0,5 MeV à 20 MeV pour les rayons γ .

Comme précédemment, le dispositif comprend une pièce 18 en forme de marches d'épaisseurs déterminées et réalisée en un matériau de référence. La pièce 18 peut défiler à volonté dans le faisceau ou bien être positionnée hors du trajet du faisceau grâce à un mouvement de

translation non représenté.

Chaque détecteur 30a, 30b, ... de l'empilement 30 est connecté au système de commande et de traitement 22. Dans cette variante, les mesures d'intensités transmises pour chaque spectre découpé dans le spectre large par le filtrage dû aux détecteurs sont effectuées
5 simultanément. Le traitement réalisé par le système 22 pour obtenir la fonction d'atténuation est similaire à celui décrit précédemment.

Pour certaines applications, il peut être souhaitable d'obtenir la
10 fonction d'atténuation non pas en fonction du paramètre u mais en fonction de l'énergie. Pour cela, il suffit lors d'une étape préliminaire effectuée une fois pour toute, de mesurer la fonction de transmission de l'épaisseur de référence du matériau de référence en fonction de l'énergie. Cette mesure peut être effectuée par tout moyen connu.

15 En effet, cette mesure étant effectuée une fois pour toute, les contraintes de temps ou de difficultés de mise en oeuvre sont acceptables pour obtenir le plus grand nombre de points de mesure possible avec la meilleure précision possible.

20 En mesurant la transmission pour un grand nombre d'énergies différentes (par exemple, 10 énergies différentes comprises dans une gamme allant de 10 keV à 500 keV), la fonction de transmission de l'épaisseur de référence du matériau de référence peut être interpolée avec une précision de 10^{-4} .

25 Lorsque la mesure de la fonction d'atténuation d'un objet est souhaitée en fonction de l'énergie, il faut donc enregistrer, dans une mémoire du système 22, la fonction de transmission u exprimée en fonction de l'énergie. Une fois la fonction d'atténuation déterminée en fonction du paramètre u , il suffit alors de remplacer u par son
30 expression en fonction de l'énergie pour obtenir la fonction d'atténuation recherchée.

La description précédente se rapporte à la mesure d'une fonction d'atténuation d'un objet en un point de celui-ci. Pour obtenir la fonction
35 d'atténuation en chaque point de l'objet, on peut par exemple utiliser

- un faisceau en éventail et une batterie de détecteurs (autant de détecteurs que de points souhaités) disposés le long d'une ligne perpendiculaire à la direction de propagation médiane du faisceau. Ce dispositif permet d'obtenir les fonctions d'atténuation selon une
- 5 ligne, la translation de l'objet permet de faire des mesures selon des lignes successives.

REVENDICATIONS

1. Procédé pour déterminer la fonction d'atténuation d'un objet, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes:
 - 5 A) Exprimer la fonction de transmission de l'objet comme un développement fini en puissances de la transmission u d'une épaisseur de référence d'un matériau de référence, chaque puissance de u étant affectée d'un coefficient, les puissances du développement étant égales à un rapport entre des épaisseurs
 - 10 préalablement déterminées du matériau de référence et l'épaisseur de référence;
 - B) Déterminer les coefficients du développement:
 - a) en mesurant l'intensité d'un faisceau de mesure pour différents spectres en énergie,
 - 15 b) pour chacun desdits spectres en énergie, en mesurant l'intensité du faisceau transmise par chacune des épaisseurs considérées de matériau de référence,
 - c) pour chacun desdits spectres en énergie, en mesurant l'intensité du faisceau transmise par l'objet,
 - 20 d) pour chacun desdits spectres en énergie, en décomposant l'intensité du faisceau transmis par l'objet en une somme des intensités mesurées à l'étape B-b) relatives au spectre considéré, **ces intensités étant affectées des coefficients recherchés;**
 - c) en résolvant le système d'équations obtenu à l'étape B-d);
 - 25 C) Déduire des étapes 1 et B, la fonction d'atténuation de l'objet exprimée en fonction de u .
2. Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que lesdits spectres en énergie sont contenus dans une gamme allant de 10 à 500 KeV.
3. Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que lesdits spectres en énergie sont contenus dans une gamme allant de 500 keV à 20 MeV.

4. Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que lesdits spectres en énergie sont tels que les spectres successifs se recouvrent partiellement.
- 5 5. Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que $N+1$, N entier ≥ 2 , spectres en énergie sont utilisés, et en ce que N épaisseurs de matériau de référence sont soumises à ces spectres.
- 10 6. Procédé selon la revendication 5 caractérisé en ce que N est égal à 9.
7. Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que les puissances du développement augmentées de $1/2$ forment une
15 suite géométrique de raison égale à une racine de trois, et la première puissance du développement étant égale à zéro.
8. Procédé selon la revendication 2 caractérisé en ce que le matériau de référence est choisi parmi les corps ayant un Z
20 effectif compris entre 5 et 26.
9. Procédé selon la revendication 8 caractérisé en ce que le matériau de référence est du duralumin.
- 25 10. Procédé selon la revendication 8 caractérisé en ce que l'épaisseur de référence est comprise entre 1 mm et 5 mm.
11. Procédé selon la revendication 10 caractérisé en ce que l'épaisseur de référence est sensiblement égale à 4 mm.
30
12. Procédé selon la revendication 3 caractérisé en ce que le matériau de référence est choisi parmi les corps ayant un Z effectif compris entre 13 et 60.

13. Procédé selon la revendication 12 caractérisé en ce que le matériau de référence est de l'acier.
14. Procédé selon la revendication 12 caractérisé en ce que
5 l'épaisseur de référence est comprise entre 0,5 et 2cm.
15. Procédé selon la revendication 14 caractérisé en ce que l'épaisseur de référence est sensiblement égale à 1 cm.
- 10 16. Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce qu'il comporte les étapes supplémentaires suivantes:
à l'aide de faisceaux quasi monochromatiques d'énergie et d'intensité connues, mesurer u en fonction de l'énergie, en déduire les valeurs de la fonction d'atténuation de l'objet pour
15 ces énergies.
17. Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé de la revendication 1 caractérisé en ce qu'il comprend:
des moyens (10, 16) pour émettre un faisceau de mesure (14)
20 possédant successivement $N+1$, N entier ≥ 2 , spectres en énergie différents,
 N échantillons en un matériau de référence et possédant des épaisseurs différentes, une de ces épaisseurs (18a) étant choisie comme épaisseur de référence, ces échantillons étant aptes à
25 être placés à volonté sur le parcours du faisceau (14),
au moins un détecteur (20) apte à la mesure de l'intensité du faisceau (14) pour chaque spectre en énergie ainsi qu'à la mesure de l'intensité des faisceaux transmis par les échantillons et l'objet (24), soumis aux faisceaux de mesure,
30 pour chaque détecteur (20), des moyens de traitement (22) aptes à calculer, à partir de la mesure de l'intensité du faisceau pour chaque spectre en énergie ainsi que de la mesure de l'intensité du faisceau transmis par les échantillons et l'objet, la fonction de transmission de l'objet et à en déduire la fonction atténuation

exprimée en fonction de la transmission de l'épaisseur de référence du matériau de référence.

18. Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé de la revendication
5 1 caractérisé en ce qu'il comprend:
des moyens (26) pour émettre un faisceau de mesure à spectre
large,
N, N étant un entier ≥ 2 , échantillons en un matériau de référence
et possédant des épaisseurs différentes, une (18a) de ces
10 épaisseurs étant choisie comme épaisseur de référence,
au moins un empilement de détecteurs (30), chaque détecteur
(30 a, 30 b, ...) étant sensible à une partie du spectre en énergie,
l'empilement étant ordonné du détecteur sensible à la partie du
15 spectre d'énergie la plus faible au détecteur sensible à la partie
du spectre d'énergie la plus haute,
pour chaque empilement (30), connectés en sortie des
détecteurs de l'empilement considéré, des moyens de traitement
(22) aptes à calculer, à partir de la mesure de l'intensité des
différents spectres du faisceau de mesure, de la mesure de
20 l'intensité des spectres correspondant au faisceau de mesure
transmis par les échantillons et l'objet, la fonction de transmission
de l'objet et en déduire la fonction d'atténuation de l'objet
exprimée en fonction de la transmission de l'épaisseur de
référence du matériel de référence.

1/2

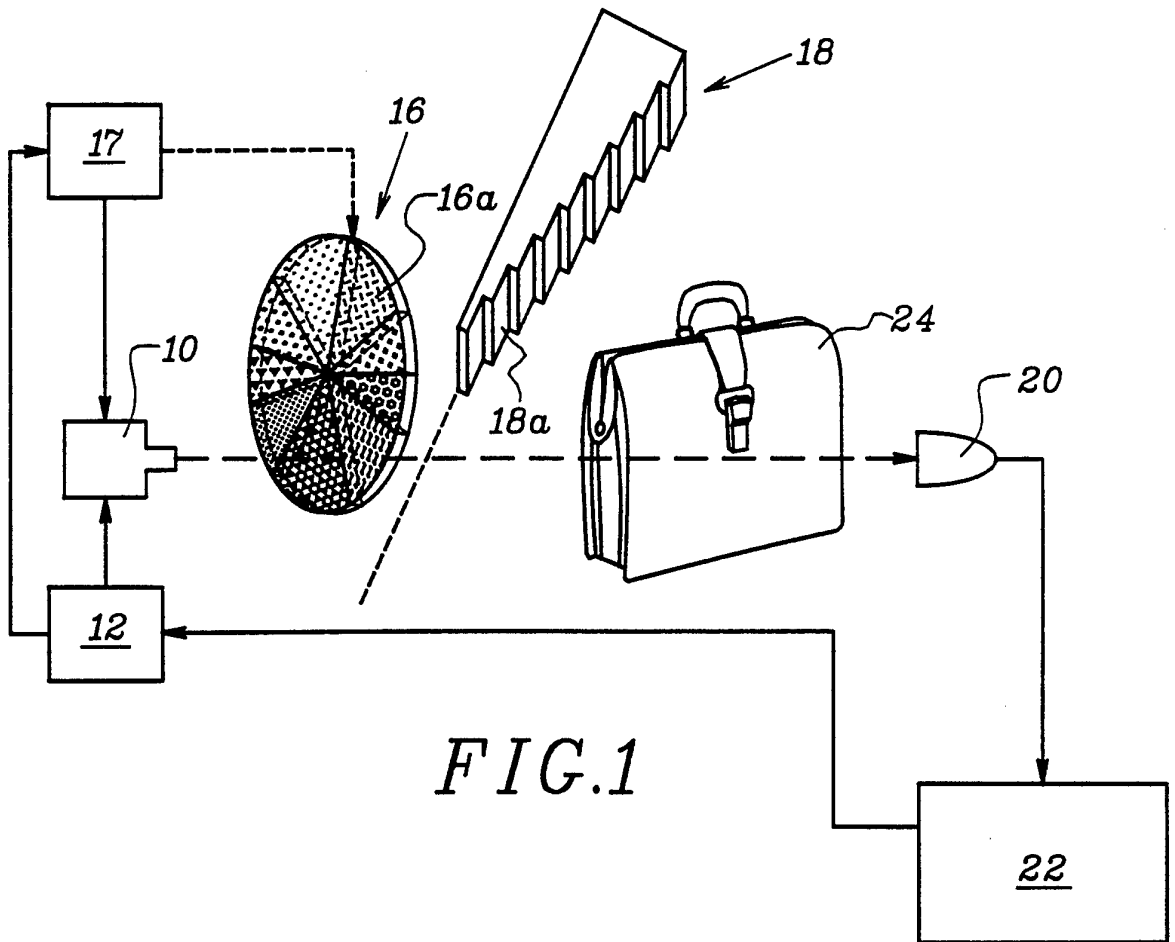


FIG.1

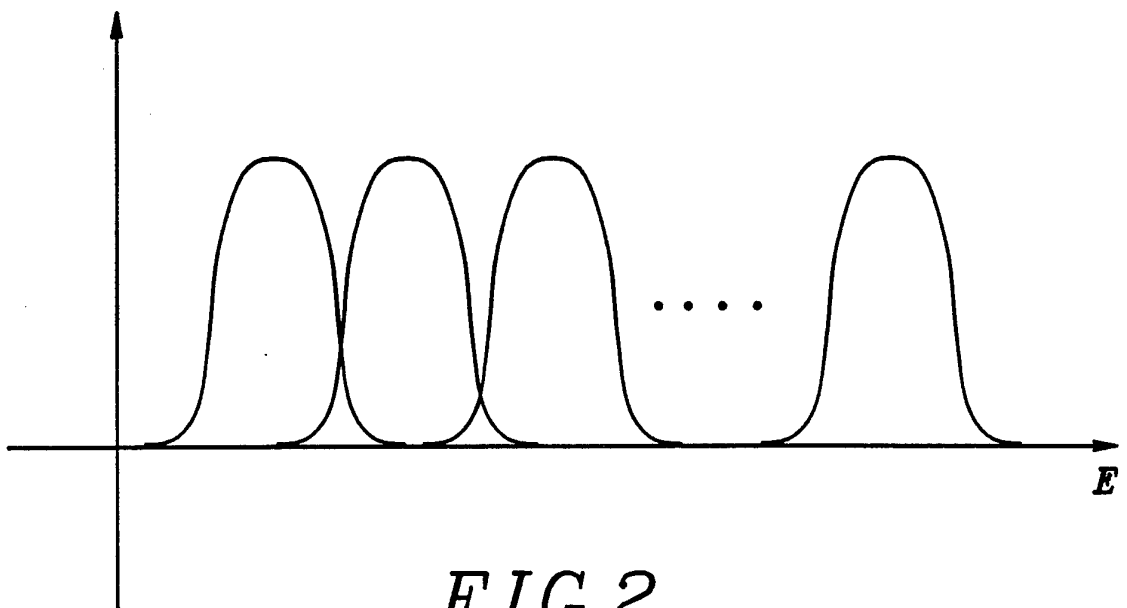


FIG.2

2/2

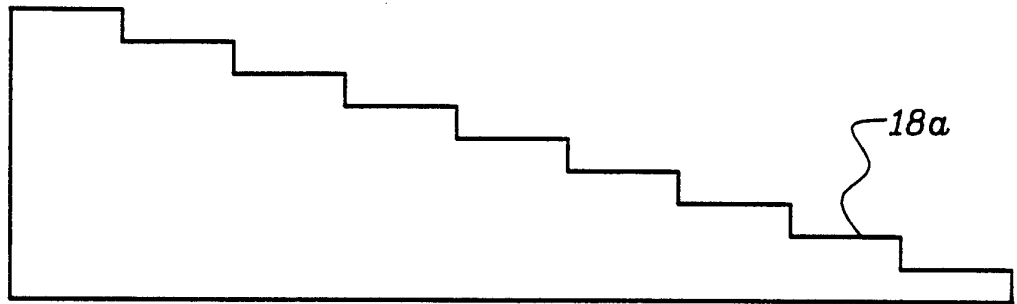


FIG.3

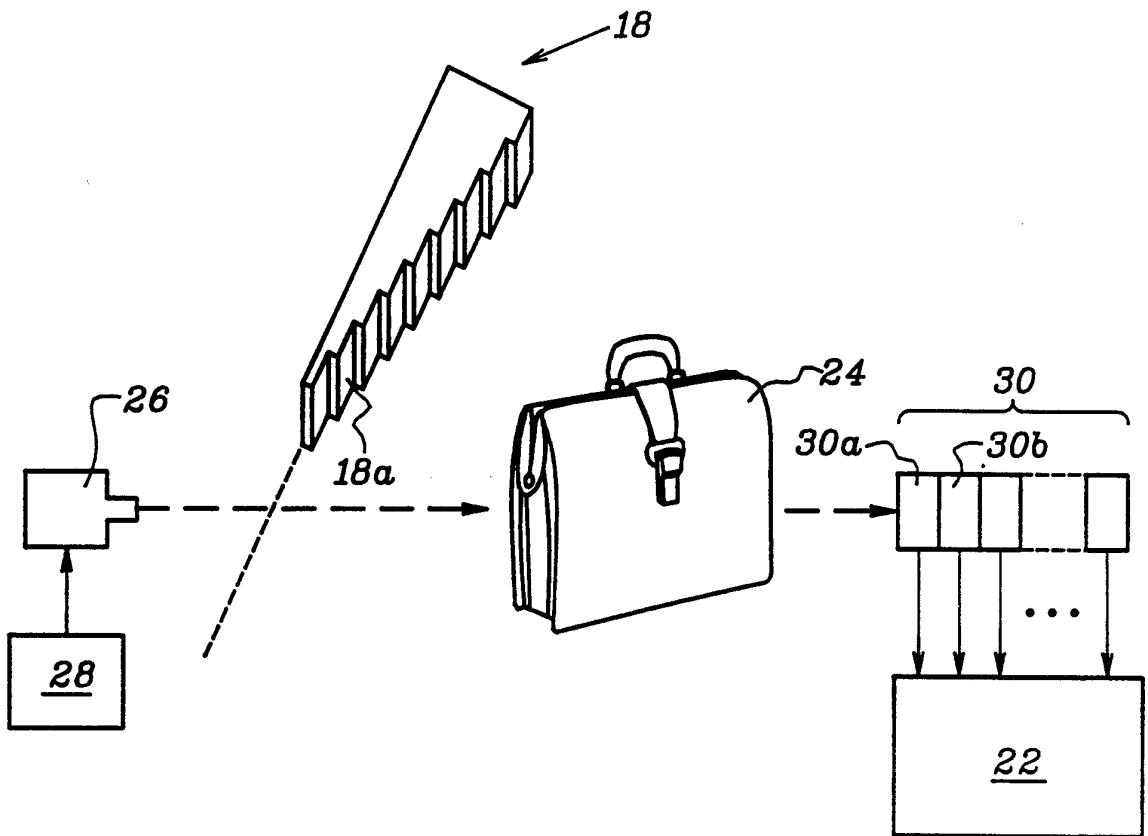


FIG.4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 94/00581

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 5 G01N23/08 A61B6/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 IPC 5 G01N A61B H05G G01V

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP,A,0 402 244 (GENERAL ELECTRIC CGR S.A.) 12 December 1990 see page 3, line 45 - page 4, line 9 ---	1, 17, 18
A	GB,A,2 004 437 (N. V. PHILIPS GLOEILAMPENFABRIEKEN) 28 March 1979 see abstract ---	17, 18
A	EP,A,0 334 762 (GENERAL ELECTRIC CGR SA) 27 September 1989 see abstract ---	1, 17, 18
A	AT,B,394 654 (INSTITUT FÜR MED. PHYSIK) 25 May 1992 see figure 1C ---	6
	-/--	

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

25 August 1994

Date of mailing of the international search report

- 7. 09. 94

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Brison, O

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 94/00581

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US,A,4 400 827 (J. R. SPEARS) 23 August 1983 see figure 2	6
A	<p style="text-align: center;">---</p> WO,A,92 02892 (VIVID TECHNOLOGIES INC.) 20 February 1992 see page 18, line 7 - page 30, line 15 <p style="text-align: center;">-----</p>	17,18

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 94/00581

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP-A-0402244	12-12-90	FR-A- 2648229	14-12-90
GB-A-2004437	28-03-79	NL-A- 7710052 AU-B- 516242 AU-A- 3967578 BE-A- 870408 CA-A- 1116317 DE-A- 2838808 FR-A, B 2403601 JP-C- 1453239 JP-A- 54053882 JP-B- 62058737 SE-B- 438439 SE-A- 7809509 US-A- 4225789	16-03-79 21-05-81 13-03-80 12-03-79 12-01-82 15-03-79 13-04-79 10-08-88 27-04-79 08-12-87 22-04-85 15-03-79 30-09-80
EP-A-0334762	27-09-89	FR-A- 2629214 JP-A- 1316682 US-A- 5095431	29-09-89 21-12-89 10-03-92
AT-B-394654	25-05-92	NONE	
US-A-4400827	23-08-83	NONE	
WO-A-9202892	20-02-92	US-A- 5319547 AU-A- 8503691 EP-A- 0542911 JP-T- 6504838	07-06-94 02-03-92 26-05-93 02-06-94

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No
PCT/FR 94/00581

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE CIB 5 G01N23/08 A61B6/00		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE		
Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) CIB 5 G01N A61B H05G G01V		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	EP,A,0 402 244 (GENERAL ELECTRIC CGR S.A.) 12 Décembre 1990 voir page 3, ligne 45 - page 4, ligne 9 ---	1, 17, 18
A	GB,A,2 004 437 (N. V. PHILIPS GLOEILAMPENFABRIEKEN) 28 Mars 1979 voir abrégé ---	17, 18
A	EP,A,0 334 762 (GENERAL ELECTRIC CGR SA) 27 Septembre 1989 voir abrégé ---	1, 17, 18
A	AT,B,394 654 (INSTITUT FÜR MED. PHYSIK) 25 Mai 1992 voir figure 1C ---	6
A	US,A,4 400 827 (J. R. SPEARS) 23 Août 1983 voir figure 2 ---	6
-/--		
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents		<input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée		"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 25 Août 1994		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 7. 09. 94
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentiaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax (+ 31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Brison, O

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No
PCT/FR 94/00581

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	WO,A,92 02892 (VIVID TECHNOLOGIES INC.) 20 Février 1992 voir page 18, ligne 7 - page 30, ligne 15 -----	17,18

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande Internationale No

PCT/FR 94/00581

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP-A-0402244	12-12-90	FR-A- 2648229	14-12-90
GB-A-2004437	28-03-79	NL-A- 7710052 AU-B- 516242 AU-A- 3967578 BE-A- 870408 CA-A- 1116317 DE-A- 2838808 FR-A, B 2403601 JP-C- 1453239 JP-A- 54053882 JP-B- 62058737 SE-B- 438439 SE-A- 7809509 US-A- 4225789	16-03-79 21-05-81 13-03-80 12-03-79 12-01-82 15-03-79 13-04-79 10-08-88 27-04-79 08-12-87 22-04-85 15-03-79 30-09-80
EP-A-0334762	27-09-89	FR-A- 2629214 JP-A- 1316682 US-A- 5095431	29-09-89 21-12-89 10-03-92
AT-B-394654	25-05-92	AUCUN	
US-A-4400827	23-08-83	AUCUN	
WO-A-9202892	20-02-92	US-A- 5319547 AU-A- 8503691 EP-A- 0542911 JP-T- 6504838	07-06-94 02-03-92 26-05-93 02-06-94