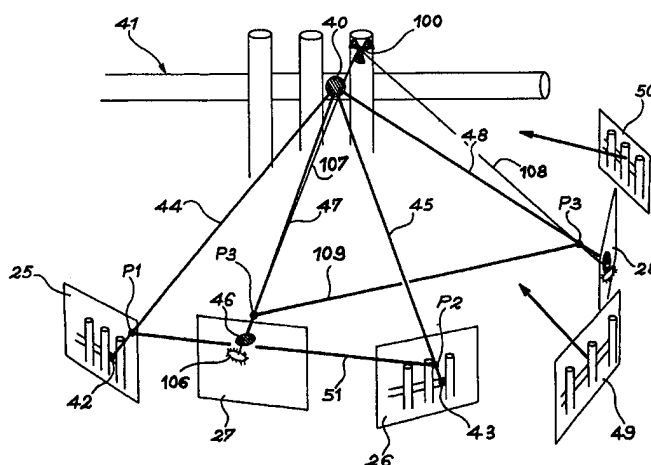


DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets ⁶ : G03B 42/02, G01T 1/29	A1	(11) Numéro de publication internationale: WO 98/36321 (43) Date de publication internationale: 20 août 1998 (20.08.98)
(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR98/00293 (22) Date de dépôt international: 16 février 1998 (16.02.98) (30) Données relatives à la priorité: 97/01809 17 février 1997 (17.02.97) FR (71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): COMPAGNIE GENERALE DES MATIERES NUCLEAIRES [FR/FR]; 2, rue Paul Dautier, F-78140 Vélizy-Villacoublay (FR). (72) Inventeurs; et (75) Inventeurs/Déposants (US seulement): GUILLON, François [FR/FR]; 4, rue des Doves, F-78960 Voisins-le-Bretonneux (FR). BAUSSART, Philippe [FR/FR]; 3, avenue Paul Cézanne, F-78990 Elancourt (FR). DALANCON, Thomas [FR/FR]; 3, square Marat, F-78890 Guyancourt (FR). (74) Mandataire: BREVATOME; 25, rue de Ponthieu, F-75008 Paris (FR).		(81) Etats désignés: CZ, JP, KR, RU, SK, UA, US, brevet européen (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Publiée <i>Avec rapport de recherche internationale.</i>

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR MAPPING RADIATION SOURCES**(54) Titre:** PROCEDE ET DISPOSITIF DE CARTOGRAPHIE DE SOURCES DE RAYONNEMENT**(57) Abstract**

The invention concerns an apparatus for accurately locating radioactive or other radiation sources in surroundings which may have been previously unknown, comprising a pair of visual cameras (7) oriented in such directions that they have a common visual field, and an intermediate camera (6) sensitive to the radiation to be measured. The visual cameras enable the positioning of the details of the surroundings by triangulation method, and another triangulation is carried out to know the position of the sources after displacing the apparatus. Photographic surveying software is used for easily performing these operations.

(57) Abrégé

L'appareil permet de localiser avec précision des sources radioactives ou d'autres rayonnements dans des environnements qui peuvent être inconnus auparavant, et il comprend une paire de caméras visuelles (7) orientées vers des directions telles qu'elles ont tout ou partie de leur champ de vision en commun et une caméra intermédiaire (6) sensible au rayonnement à mesurer. Les caméras visuelles permettent de définir la position des détails de l'environnement par une méthode de triangulation, et une autre triangulation est faite pour connaître la position des sources après avoir déplacé l'appareil. Des logiciels de photogrammétrie sont utilisés pour accomplir facilement ces tâches.

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.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce	ML	Mali	TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	MN	Mongolie	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MR	Mauritanie	UA	Ukraine
BR	Brésil	IL	Israël	MW	Malawi	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MX	Mexique	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	NE	Niger	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NL	Pays-Bas	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NO	Norvège	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NZ	Nouvelle-Zélande	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	PL	Pologne		
CM	Cameroun	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CN	Chine	KZ	Kazakstan	RO	Roumanie		
CU	Cuba	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
CZ	République tchèque	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DE	Allemagne	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
DK	Danemark	LR	Libéria	SG	Singapour		
EE	Estonie						

PROCEDE ET DISPOSITIF DE CARTOGRAPHIE DE SOURCES DE
RAYONNEMENT

DESCRIPTION

L'invention concerne un procédé et un
5 dispositif de cartographie de sources de rayonnement,
afin de permettre de localiser de telles sources dans
un environnement tridimensionnel qui peut être connu ou
inconnu à l'origine.

L'idée de détecter des sources de
10 rayonnement telles que des fuites radioactives en
comparant une image de ces sources, prise par un
appareil spécialisé, et une image visuelle ou vidéo de
l'environnement prise par une caméra ordinaire,
sensible à la lumière, a déjà été appliquée.
15 L'exploitation des images peut être faite empiriquement
par l'utilisateur en retrouvant sur l'image visuelle
les emplacements des sources radioactives : dans une
conception rudimentaire du procédé, il identifie les
éléments de l'environnement, restitués sur l'image
20 visuelle, qui correspondent aux endroits de l'image des
sources sur lesquels une source a été enregistrée.
L'identification de la position des sources n'est
cependant pas très précise et fait appel au jugement et
aux connaissances de l'utilisateur en ce qui concerne
25 l'environnement : il peut ainsi connaître à l'avance
les endroits de l'environnement où une fuite est
susceptible de se produire et les identifier facilement
quand elle apparaît. Si une telle méthode est
suffisante dans certaines situations, elle ne se prête
30 pas à des traitements automatiques, notamment si un
travail de réparation doit être confié à un robot, qui

doit connaître avec précision la position de la source dans l'espace tridimensionnel pour l'atteindre.

Dans un procédé plus perfectionné qui est décrit dans le brevet français de numéro 2 652 909, est
5 utilisée une caméra combinée à des obturateurs et des moyens de conversion du rayonnement radioactif, qui lui permettent d'enregistrer tour à tour une image visuelle et une image d'émission radioactive de l'environnement. Les deux images sont fournies à des moyens automatiques
10 de traitement qui les superposent, ce qui donne sans erreur la position des sources dans le champ de vue de la caméra. Mais comme ce travail est fait sur une image bidimensionnelle, le problème évoqué ci-dessus n'est pas résolu : un système d'exploitation automatique est
15 impuissant à déterminer la distance de la source, et si elle est bien à l'emplacement d'un détail de l'environnement auquel elle se superpose, ou si elle est située devant ou derrière lui sur le rayon de visée de la caméra.

20 On connaît par ailleurs des procédés de tomographie qui permettent de connaître les positions de sources radioactives dans un environnement tridimensionnel ; les caméras (ou, plus généralement, les moyens de prise d'images bidimensionnelles) sont
25 promenées autour de l'objet et les informations lues sur les images sont combinées pour en déduire les positions des sources. Cela revient à inverser, directement ou indirectement, un système d'équations exprimant que le rayonnement reçu par chaque point
30 d'image est la somme des rayonnements émis le long de la ligne de projection ou de visée de la caméra qui aboutit à ce point. Mais il faut connaître la position de la caméra à chaque prise d'image, ce qui n'est pas

toujours possible dans les situations envisagées ici, car les robots ne sont pas toujours assez précis, ni même munis de codeurs de position qui indiquent où ils sont parvenus.

5 Enfin, on doit citer la demande internationale de brevet WO 96/20421 qui décrit un double procédé de tomographie et la superposition de deux images tridimensionnelles ainsi obtenues, dont l'une illustre les détails visibles de l'objet examiné
10 et l'autre représente une vue de l'objet par des rayons X ou autres. Cependant, les deux images sont calculées de la même façon et séparément (sauf pour appliquer des calculs de correction des effets de la distorsion, du grossissement, etc. produits par chacun des moyens de
15 prise de vue) ; elles sont mises en relation d'égalité et ont la même importance.

 Ce brevet ne donne donc pas l'idée d'utiliser une image visuelle de l'environnement pour aider à déterminer les positions de sources ponctuelles
20 de rayonnement dans cet environnement, sans qu'on soit contraint de recourir aux conditions d'obtention d'images tomographiques.

 L'objet de l'invention est donc de permettre de localiser complètement et avec précision
25 des sources de rayonnement, radioactives ou autres, dans un environnement à trois dimensions.

 L'idée essentielle de l'invention est qu'on utilise un modèle tridimensionnel de l'environnement, établi en préliminaire par des prises d'images
30 visuelles, sur lequel on place les sources repérées sur d'autres images, qu'on corrèle avec les images visuelles.

Le modèle a donc non seulement pour but de fournir une représentation graphique des positions des sources dans l'environnement, mais surtout celui de contribuer à déterminer ces positions.

5 Sous sa forme la plus générale, l'invention concerne ainsi un procédé de cartographie tridimensionnelle de sources d'un rayonnement dans un environnement, comprenant une première prise d'image visuelle de l'environnement et une première prise
10 d'image des sources, caractérisé en ce qu'il comprend une seconde prise d'image visuelle de l'environnement et une seconde prise d'image des sources ; un établissement d'un modèle tridimensionnel visuel de l'environnement par une recherche et une identification
15 d'éléments analogues des images visuelles puis par des calculs de localisation des éléments homologues des images visuelles ; une localisation dans le modèle de l'environnement de lignes de projection menant des sources aux images des sources ; et des calculs de
20 positions de points de concours des lignes de projection dans le modèle.

Un dispositif permettant de réaliser ce procédé comprend un dispositif de prise d'images du rayonnement, une paire de moyens de prise d'images
25 visuelles d'un environnement des sources du rayonnement, les moyens de prise d'images visuelles étant orientés dans des directions telles qu'ils ont tout ou partie de leur champ de vision en commun et montés sur un support commun rigide indéformable mais
30 réglable avec le moyen de prise d'images du rayonnement, ainsi que des moyens de photogrammétrie aptes à reconstituer un modèle tridimensionnel visuel de l'environnement à partir des images visuelles et à

superposer un modèle tridimensionnel des sources du rayonnement à partir des images du rayonnement au modèle visuel.

Le commentaire de réalisations concrètes de l'invention, données à titre illustratif et appliquée à la détection de sources de rayonnement gamma, sera maintenant développé au moyen des figures suivantes :

- la figure 1 est une vue générale des moyens mécaniques du dispositif,
- 10 - Les figures 2 et 3 sont deux détails du dispositif,
- la figure 4 illustre le procédé de cartographie,
- la figure 5 illustre la formation des images,
- la figure 6 représente une mire d'étalonnage,
- 15 - la figure 7 expose la définition géométrique de certains paramètres d'étalonnage du dispositif,
- les figures 8 et 9 sont deux organigrammes exposant les procédés d'étalonnage et de service du dispositif,
- 20 - et la figure 10 est un schéma des moyens notamment informatiques servant le dispositif.

On se reporte maintenant aux figures. La première représente l'allure générale du dispositif de l'invention : un bâti 1 comprend un boîtier central 2
25 duquel partent deux bras latéraux 3 pointant dans des directions opposées et un appendice supérieur 4. Le boîtier central 2 contient un alvéole, ouvert vers l'avant, destiné au logement d'une gamma-caméra 6. Des vidéo-caméras 7 sont montées aux extrémités des bras
30 latéraux 3. Enfin, un projecteur 8 est monté au sommet de l'appendice supérieur 4.

Les vidéo-caméras 7 sont vissées à des platines 9 tournantes, terminées chacune (voyez à la figure 2) par un tourillon inférieur 10 engagé dans une coupelle 11 d'une bague 12 soudée à l'extrémité du bras 3 associé. La bague 12 reçoit une vis de pression 13 latérale dont l'extrémité débouche dans la coupelle 11 et serre le tourillon inférieur 10, le maintenant en place à l'orientation souhaitée. Enfin, une vis 14 de fixation est engagée dans un taraudage 15 de la platine 9 coaxial au tourillon inférieur 10, et cette vis 14 traverse le bras latéral 3 et la bague 12 et maintient l'ensemble serré. Cette disposition permet, comme on le voit immédiatement, d'orienter à volonté les vidéo-caméras 7 dans un même plan en azimut pour leur donner l'angle de convergence souhaité.

Le boîtier central 2 comprend essentiellement (voyez aux figures 1 et 3) deux parois latérales opposées 16 munies d'un enfoncement 17 pour recevoir un tourillon 18 de support de la gamma-caméra 6. Des vis 19 sont engagées à travers les parois latérales 16 et les tourillons 18 et vissées dans la gamma-caméra 6 pour la serrer dans la position voulue : il est en effet possible de la faire tourner autour d'un axe horizontal défini par les tourillons 18 quand les vis 19 sont desserrées et donc de régler son orientation en site. Le bâti 1 est monté sur un socle 20 qu'on peut prévoir tournant et qui est fixé à un support non représenté, bras de robot ou autre selon l'application.

Le procédé de localisation des sources radioactives peut être décrit assez simplement à l'aide de la figure 4 : le dispositif, approché à une distance convenable de l'environnement à reconnaître, prend une

première série d'images de celui-ci par les vidéo-
caméras 7 et la gamma-caméra 6 sans bouger. Les deux
images visuelles 25 et 26 de l'environnement ainsi
obtenues représentent sensiblement le même sujet sous
5 des angles de vue différents à partir des vidéo-caméras
7. Une comparaison automatique des images visuelles 25
et 26 et consistant à identifier et à mettre en relation
des points homologues des images, représentant un même
détail remarquable de l'environnement, permet de
10 déduire la position des points de l'environnement par
rapport au dispositif, y compris leur distance.
L'environnement peut donc être modélisé dans les trois
dimensions et la position du dispositif dans
l'environnement déterminée. La recherche des points
15 homologues sur les deux images visuelles 25 et 26 est
faite par un des logiciels spécialisés qui sont
maintenant disponibles dans le commerce. Il existe même
des logiciels capables de distinguer directement des
détails complets sur une image, par une reconnaissance
20 de forme associée à une corrélation d'images, et de les
retrouver sur une image analogue.

Quand une paire de points homologues est
identifiée sur les images visuelles 25 et 26, on en
déduit deux lignes aboutissant aux vidéo-caméras 6 et
25 par lesquelles le point réel sur l'environnement se
projette sur les images visuelles 25 et 26. L'écart et
l'angle de convergence des vidéo-caméras 6 étant
connus, un calcul de triangulation élémentaire donne la
position de concours des lignes de projection, c'est-à-
30 dire la position du point dans l'environnement.

Une image 27 de sources radioactives est
prise par la gamma-caméra 6. Cependant, la
détermination complète de la position des sources

impose de prendre une autre image de sources 28, qui est obtenue après avoir déplacé le dispositif tout en lui faisant viser le même environnement, et de comparer ces deux images de sources 27 et 28 pour évaluer la distance entre les sources et la gamma-caméra 6.

Une description plus détaillée du procédé sera maintenant donnée.

Les travaux de recherche de la position des points de l'environnement visuel et radioactif à partir des images 25 à 28 sont assurés par des logiciels de photogrammétrie joints à des calculs par triangulation, mais un étalonnage préliminaire doit être entrepris afin de déterminer les paramètres externes et internes des caméras 6 et 7, c'est-à-dire leurs positions et orientations relatives d'une part, et leurs caractéristiques de restitution de l'environnement sur les images qu'elles produisent, d'autre part.

Il faut d'abord connaître les paramètres internes. La gamma-caméra 6 et les vidéo-caméras 7 peuvent être représentées (voyez à la figure 5) par un plan d'image 30, sur lequel l'image 25, 26, 27 ou 28 est prise, et un centre optique P en avant de ce plan d'image 30, par lequel passent tous les rayons 32 qui impressionnent le plan d'image 30. Le centre optique est formé par le diaphragme pour les vidéo-caméras 7 et par un collimateur 33, précédant une chambre à sténopé 34 au fond de laquelle se trouve le plan d'image 30, pour la gamma-caméra 6.

Un objet 35 visé par une caméra apparaît sur son plan d'image sous forme d'une image d'objet 36 qui peut être affectée de distorsions, mais si l'objet 35 est une mire de forme connue et la position de la caméra 6 ou 7, et en particulier du plan d'image 30 et

du centre optique P, est calculée par rapport à l'objet 35, il est possible d'établir une correspondance entre chaque point 37 de l'objet 35 et le point 38 par lequel il est représenté sur le plan d'image 30, en déterminant le rayon 32 qui les relie, et qui passe par le centre optique P ; ce rayon 32 peut être complètement défini par les coordonnées du centre optique P et du point 37. L'étalonnage consiste précisément à dresser une table de correspondance entre chaque point 38 de l'image prise par la caméra 6 ou 7 et la direction de visée (le rayon 32) associée à ce point et passant par le centre optique P. Cette table est immuable pour des réglages de caméra donnés et sert à déterminer les directions des points d'objets inconnus dont les images sont prises ensuite. L'objet 35 de forme connue peut être la mire illustrée à la figure 6, composée d'un treillis de barres entrecroisées mais plutôt écartées et porteuses de points 39 identifiables avec précision qui permettent au logiciel de photogrammétrie de retrouver facilement les points remarquables de l'image et de les identifier à des points respectifs de la mire.

On comprendra alors, revenant à la figure 4, qu'un point quelconque 40 d'un objet 41 d'un environnement inconnu au départ et visé par les deux vidéo-caméras 7 apparaîtra sur les images visuelles 25 et 26 sous l'aspect de deux points 42 et 43 dont les positions sur ces images permettront de déduire les directions, sur les rayons 44 et 45, à partir des centres optiques (notés ici P1 et P2) des deux vidéo-caméras 7. L'intersection des rayons 44 et 45 est alors calculée, ce qui donne la position du point 40 par rapport aux vidéo-caméras 7. La généralisation de ce

procédé à tous les couples de points homologues des images visuelles 25 et 26 permet de retrouver la forme et la position de l'objet 41 dans l'espace à trois dimensions.

5 Si on définit un point 100 comme une source, celui-ci apparaît aussi sur l'image de sources 27 de la gamma-caméra 6 sous l'aspect d'un point 106. La position des caméras 6 et 7 par rapport à l'objet permet en soi de connaître la direction du point 100, 10 qui est situé sur un rayon 107. Mais il n'est pas possible d'affirmer avec certitude que l'origine du point 106 est bien le point 100 plutôt qu'un autre point du rayon 107. C'est pourquoi la seconde image de sources 28 doit être prise pour donner un second rayon 15 108 menant de la nouvelle position du centre optique (P3) de la gamma-caméra 6 au point 100, qui peut alors être identifié comme la source en calculant l'intersection des rayons 107 et 108. Il faut encore connaître la distance 109 entre les deux positions 20 successives du centre optique P3 de la gamma-caméra 6, c'est-à-dire la base de la triangulation entreprise sur les rayons 107 et 108, pour déterminer la position du point 100 qui est leur intersection, et l'angle de rotation du dispositif entre les deux prises de vues. 25 Ces deux informations peuvent être obtenues par une mesure directe des déplacements du dispositif s'il est porté par un bras de robot dont les articulations sont munies de codeurs de déplacement ; sinon, on peut recommencer une reconnaissance de l'environnement et de 30 l'objet 101 à partir de nouvelles images visuelles 49 et 50 prises par les vidéo-caméras 7 à la seconde position du dispositif, afin de calculer celle-ci par rapport à la position de l'objet 41.

Le procédé comprend alors une synthèse des deux modèles de l'objet 101, qui peut encore être entreprise par le logiciel de recherche et d'identification de points homologues remarquables de ces modèles, afin d'évaluer leurs différences d'emplacement et d'orientation par rapport aux vidéo-caméras 7 entre les deux phases de prise de vues. Quand cette évaluation est achevée, il est possible de calculer les positions des deux lignes de projection 107 et 108 de la source dans un des modèles, et donc la position de leur point 100 de concours dans ce modèle.

Une autre variante du procédé consiste à exploiter une portion de l'image gamma 28 qui représente l'environnement 41 : les images gamma 28 obtenues par les gamma-caméras usuelles sont en effet sensibles aussi à la lumière visible, ce qui fait qu'une image de l'environnement 41 est superposée à l'image des sources. Cette image de l'environnement est souvent trop tenue et trop floue pour fournir un modèle convenable de l'environnement 41 (quoique des exceptions puissent être envisagées, de sorte que l'invention pourrait alors être appliquée avec une seule caméra, les images visuelles étant toutes superposables à des images gamma), mais on peut la corrélérer au modèle déjà obtenu par les vidéo-caméras 7, par le logiciel déjà mentionné, pour calculer ici encore les positions des lignes de projection 107 et 108 de la source dans le modèle.

Le procédé peut, d'une façon générale, être accompli avec une seule caméra visuelle 7, à condition de disposer d'une mesure des positions de prise d'image pour servir de base aux triangulations de construction du modèle de l'environnement visuel, ou d'autres

informations, dont quelques exemples sont donnés ci-dessous.

On préfère toutefois appliquer l'invention avec le dispositif décrit en détail, qui comprend trois
5 caméras au total, car le modèle de l'environnement peut être construit beaucoup plus vite, sans déplacer le dispositif entre deux prises d'image et en utilisant des logiciels plus efficaces pour mener à bien les calculs de triangulation.

10 Il permet de travailler « en temps réel », si par exemple il est monté sur un bras de robot devant manipuler les sources : la position des sources est alors calculée pendant que le bras avance, et les deux instants de prise de vue correspondent à deux phases de
15 l'avance du bras. On a aussi la certitude que les deux images visuelles 25, distantes d'une base connue, seront similaires et que la recherche de points homologues sera presque toujours fructueuse.

On donnera maintenant les règles de
20 détermination des paramètres externes du dispositif ; cette détermination est faite avant de se servir du dispositif selon la figure 4 et elle suit immédiatement la détermination, explicitée plus haut, des paramètres internes du dispositif ; elle constitue donc une
25 seconde partie de l'étalonnage du dispositif.

La modélisation de l'objet 40, effectuée sur les images visuelles 25 et 26, nécessitait aussi de recourir à une triangulation et donc de connaître une base de triangulation, qui correspondait à la distance
30 51 entre les vidéo-caméras 7. Une variante consiste à utiliser de multiples positions du dispositif couplées à une information connue de longueur issue d'un plan ou d'un étalon placé dans la scène d'une part, et à un

logiciel de calcul d'ajustement de faisceau d'autre part. Il était aussi nécessaire de connaître la position du centre optique P3 de la gamma-caméra 6 pour déterminer la position du rayon 47. Ces paramètres
5 externes du dispositif peuvent être exprimés par un fichier des coordonnées de six points, comme le montre la figure 7 : les trois centres optiques P1, P2 et P3 des caméras 6 et 7 et trois points alignés avec ces centres optiques respectifs sur les axes centraux de
10 visée des caméras 6 et 7 ; ces derniers points sont numérotés P4, P5 et P6 et peuvent être situés à des distances quelconques, identiques ou non, des points P1 à P3 auxquels ils sont respectivement associés. Il n'y a pas non plus de contrainte sur les positions et les
15 orientations relatives des axes centraux de visée, qui peuvent se couper ou non, quoique les axes des vidéo-caméras 7 soient supposés se couper dans la réalisation effectivement proposée ; il est ainsi possible de régler sans contrainte particulière les positions des
20 caméras 6 et 7 sur les bras latéraux 3 et le bâti 1. Les paramètres externes des caméras peuvent donc être résumés sur le tableau suivant :

x(P1)	y(P1)	z(P1)
x(P2)	y(P2)	z(P2)
x(P3)	y(P3)	z(P3)
x(P4)	y(P4)	z(P4)
x(P5)	y(P5)	z(P5)
x(P6)	y(P6)	z(P6)

où x, y et z désignent les coordonnées cartésiennes du
25 point P considéré. Le repère de mesure des coordonnées peut être choisi à volonté, par exemple avec l'origine en P1, l'axe x passant par P2 et l'axe de visée central

P1P4 inclus dans le plan des axes x et y. Dans ces conditions, on peut écrire $x(P1)=y(P1)=z(P1)=y(P2)=z(P2)=z(P4)=0$. Ces sept contraintes fixent les sept degrés de liberté du dispositif, soit 3 rotations, 3 translations et une base de distance. Toutes ces coordonnées peuvent être calculées par des triangulations d'étalonnage entreprises en faisant tourner le dispositif autour de la mire de la figure 6 et en le plaçant à des positions différentes pour prendre des séries de vues : on connaît alors les distances des centres optiques P1, P2 et P3 des caméras 6 et 7 à la mire, et dès qu'un point remarquable de la mire est repéré sur les images des caméras 6 et 7, on détermine les directions des rayons qui le relie aux centres optiques P1, P2 et P3 en fonction de la table de correspondance établie précédemment, et finalement les positions relatives des centres optiques P1, P2 et P3, puis des positions convenables pour les points P4, P5 et P6. Les calculs des positions des points P1 à P6 sont entrepris pour plusieurs positions remarquables de la mire afin de disposer de données plus nombreuses dont la moyenne est finalement faite.

Les figures 8 et 9 sont des organigrammes qui rappellent les étapes parcourues pour étalonner le dispositif puis l'employer pour réaliser une cartographie. Un schéma complet du système d'exploitation du dispositif est enfin donné à la figure 10 : on y trouve un premier module de prise de vues 52 relié à la gamma-caméra 6 et qui enregistre ses images ; un second module de prise de vues 53 relié aux vidéo-caméras 7 et qui enregistre leurs images ; un module de recherche de points homologues 54 relié au

second module de prise de vues 53 et qui recherche les points homologues, correspondant à un même point de l'objet visé, présents sur les images des deux vidéo-caméras 7 ; un module de photogrammétrie 55 qui établit
5 essentiellement les directions des points de l'objet visé en fonction des positions des images de ces points sur les vues ; un module de modélisation 56 qui calcule les positions des points de l'objet par rapport au dispositif ; un module d'affichage 57 ; et un module de
10 commande 58 responsable de la marche des quatre modules précédents, de leurs relations et du déclenchement des prises de vues. Tous ces modules peuvent en réalité être groupés sur un même ordinateur et matérialisés surtout par un logiciel.

REVENDICATIONS

1. Procédé de cartographie tridimensionnelle de sources (100) d'un rayonnement dans un environnement (41), comprenant une première prise d'image visuelle (25) de l'environnement et une première prise d'image des sources (27), caractérisé en ce qu'il comprend une seconde prise d'image visuelle (26) de l'environnement et une seconde prise d'image des sources (28), un établissement d'un modèle tridimensionnel visuel de l'environnement par une recherche et une identification d'éléments homologues des images visuelles, puis par des calculs de localisation des éléments homologues des images visuelles, une localisation dans le modèle de l'environnement de lignes de projection menant des sources aux images des sources et des calculs de positions de points de concours des lignes de projection dans le modèle de l'environnement.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend une mesure de déplacement en distance et en orientation d'un moyen de prise d'images des sources entre la première et la seconde image des sources.

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il comprend une mesure d'écart des positions en distance et en orientation de moyens de prise d'images visuelles entre une position de prise de la première image visuelle et une position de prise de la seconde image visuelle.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les images des sources sont respectivement superposables à des

images visuelles de l'environnement prises sur un même moyen de prise d'images.

5 5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que les lignes de projection menant
des sources à la seconde image des sources sont
localisées sur ladite image visuelle à laquelle la
seconde image des sources est superposable, puis dans
le modèle tridimensionnel après avoir identifié des
éléments homologues du modèle et de ladite image
10 visuelle.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comprend
un établissement d'une seconde cartographie
tridimensionnelle de l'environnement par une
15 comparaison d'une troisième et d'une quatrième image
visuelle de l'environnement, les lignes de projection
menant des sources à la seconde image des sources sont
localisées sur ledit second modèle puis sur le première
modèle après avoir identifié des éléments homologues
20 des modèles.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'il comprend
une étape d'étalonnage préliminaire comprenant
notamment une correction de distorsion éventuelle des
25 images en établissant une table de correspondance entre
des points (38) des images et des directions de visée
(32) d'un objet (35) connu à une position déterminée de
moyens de prise d'image (6, 7).

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'il comprend
une étape d'étalonnage préliminaire consistant en une
évaluation de position de centres optiques (P1, P2, P3)
de moyens de prise d'images par rapport à un objet (35)

connu et une évaluation de direction (P1P4, P2P5, P3P6) d'axes de visée centraux des dispositifs de prise d'images (6, 7).

5 9. Dispositif de cartographie de sources d'un rayonnement (40) comprenant un dispositif (6) de prise d'images du rayonnement (27, 28), caractérisé en ce qu'il comprend une paire de moyens (7) de prise d'images visuelles (25, 26) d'un environnement (41) des sources du rayonnement, les moyens de prise d'images
10 visuelles étant orientés dans des directions telles qu'ils ont tout ou partie de leur champ de vision en commun et montés sur un support commun rigide indéformable mais réglable (1) avec le moyen de prise d'images du rayonnement, ainsi que des moyens de
15 photogrammétrie (55) aptes à reconstituer un modèle tridimensionnel visuel de l'environnement à partir des images visuelles et à superposer un modèle tridimensionnel des sources du rayonnement à partir des images du rayonnement au modèle visuel.

20 10. Dispositif de cartographie selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens de réglage (10, 11, 18) de la position des moyens (6, 7) de prise d'image sur un support.

25 11. Dispositif de cartographie selon la revendication 10, caractérisé en ce que les moyens de réglage comprennent des pivots (10) des moyens de prise d'images visuelles (7) pour régler un angle de convergence desdits dispositifs de prise d'image lumineuse.

30 12. Dispositif de cartographie selon l'une quelconque des revendications 9 à 11, caractérisé en ce qu'il comprend une mire d'étalonnage (35).

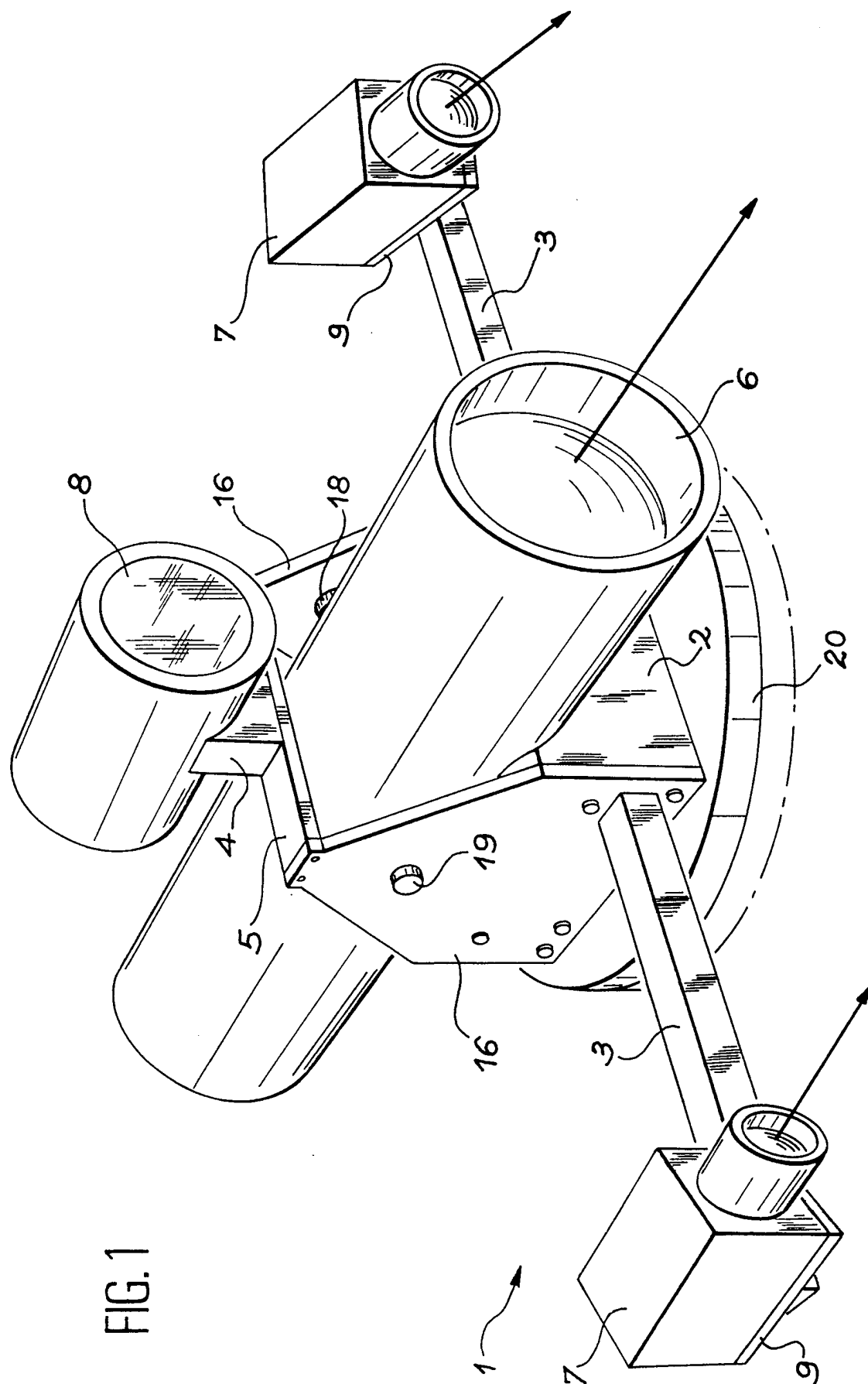
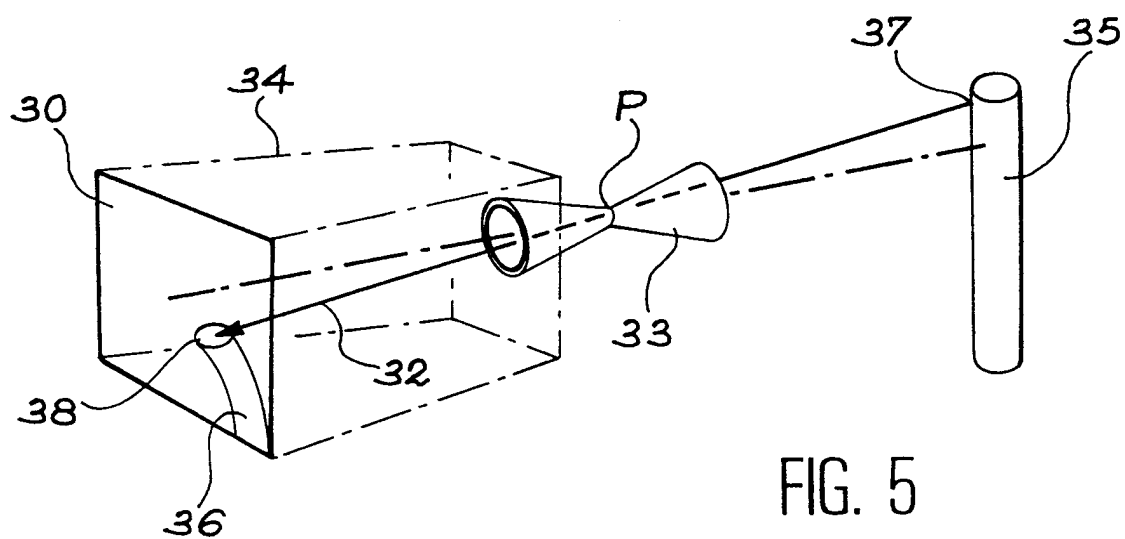
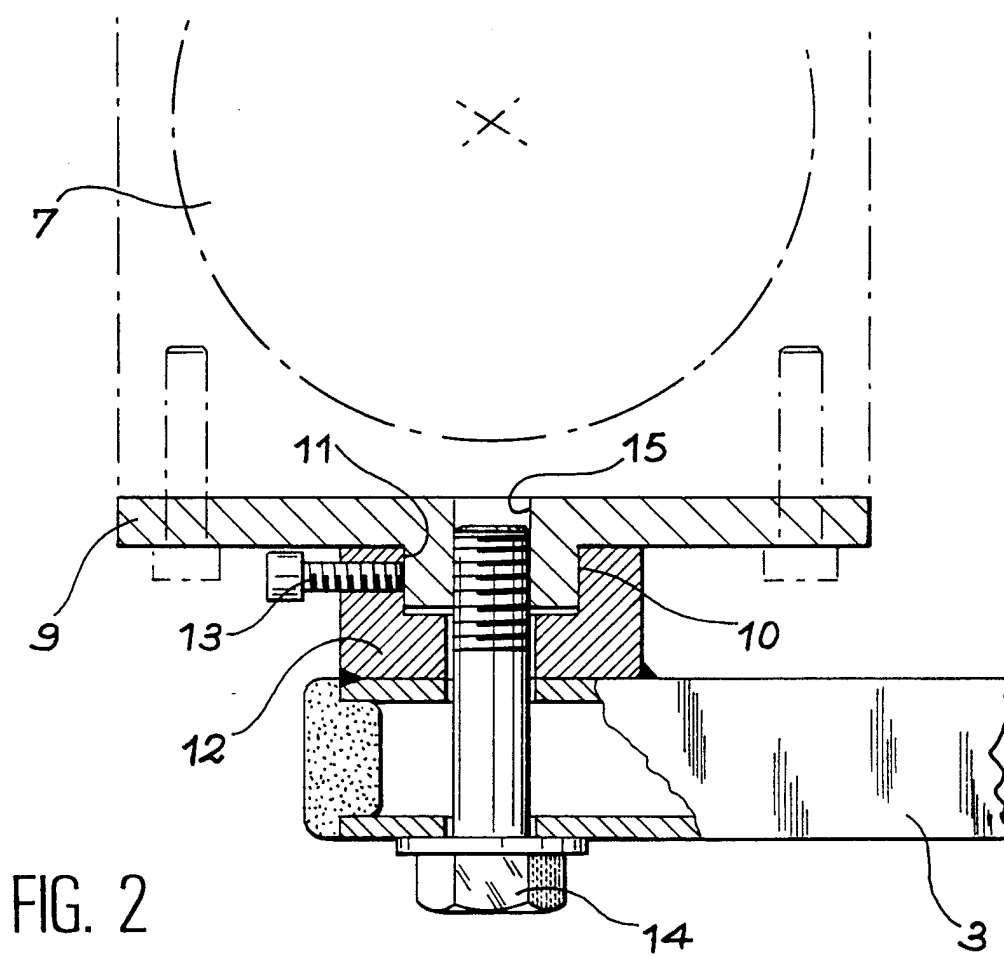


FIG. 1



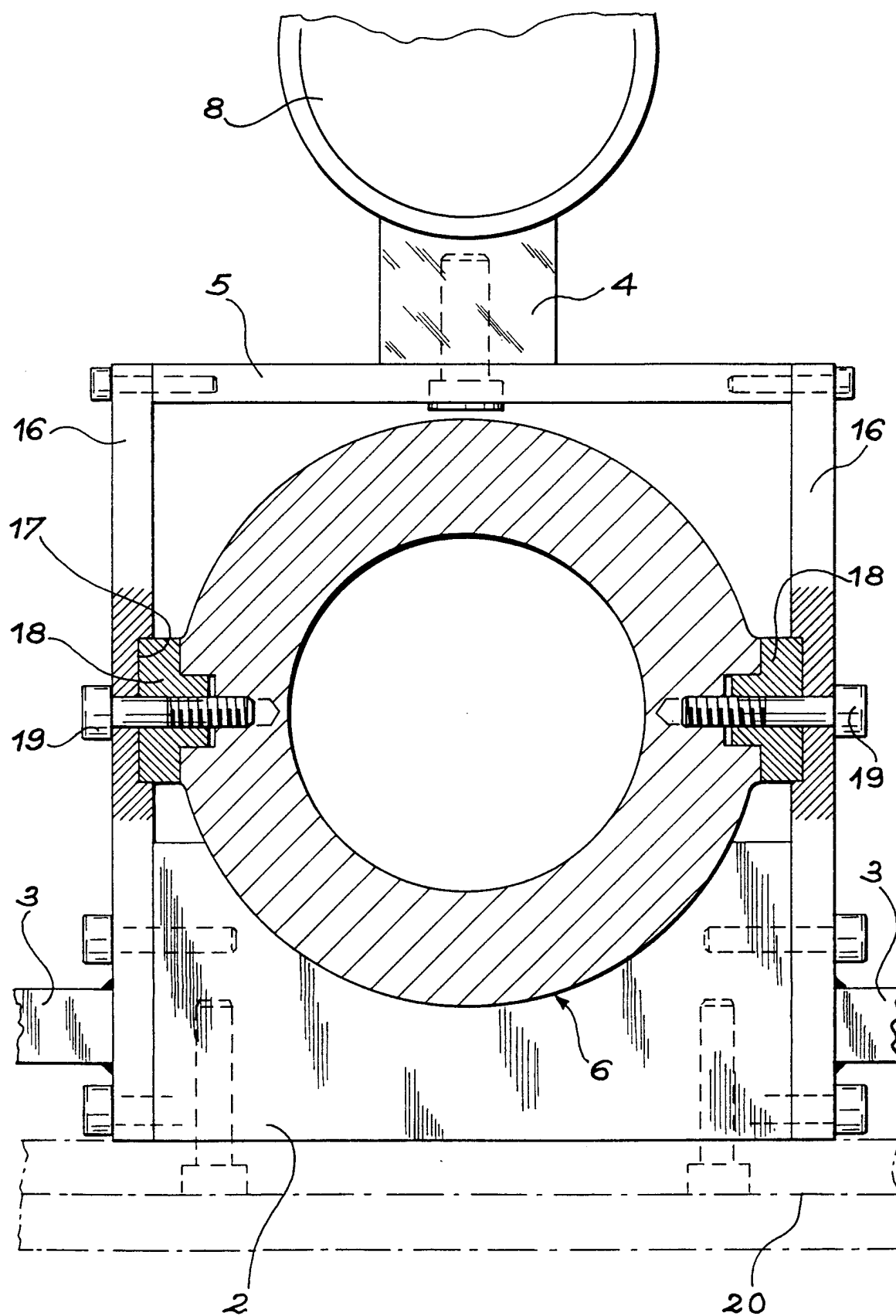
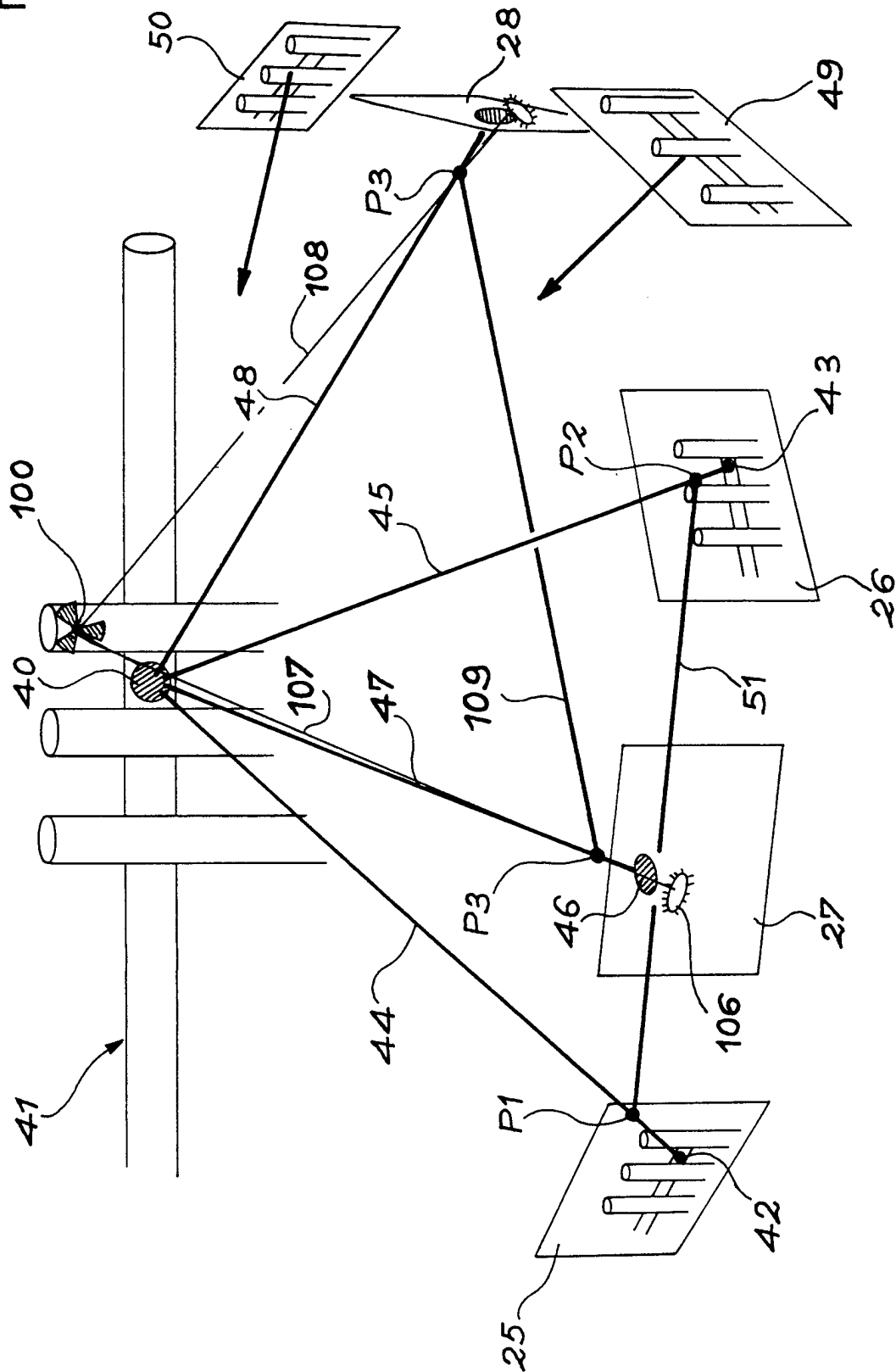


FIG. 3

FIG. 4



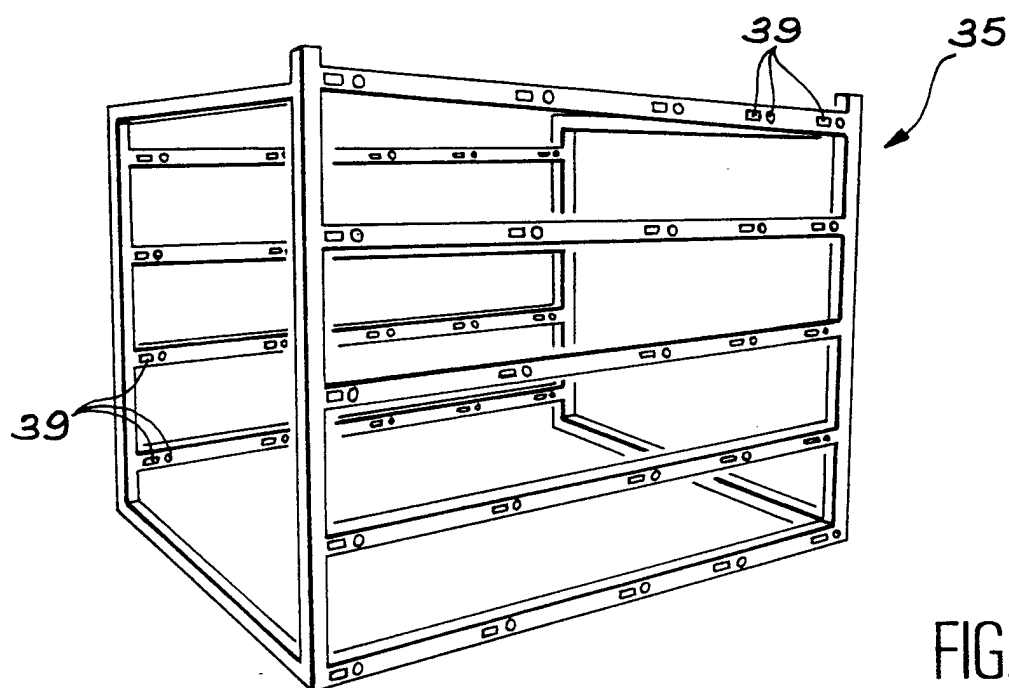


FIG. 6

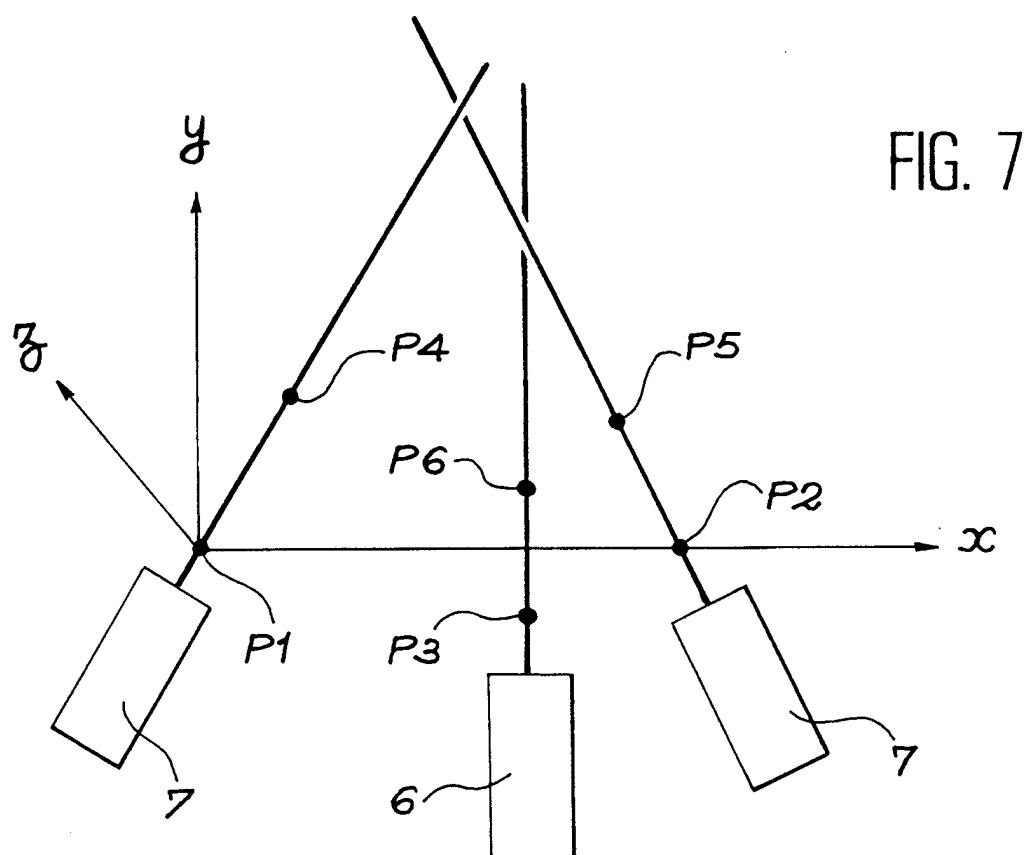


FIG. 7

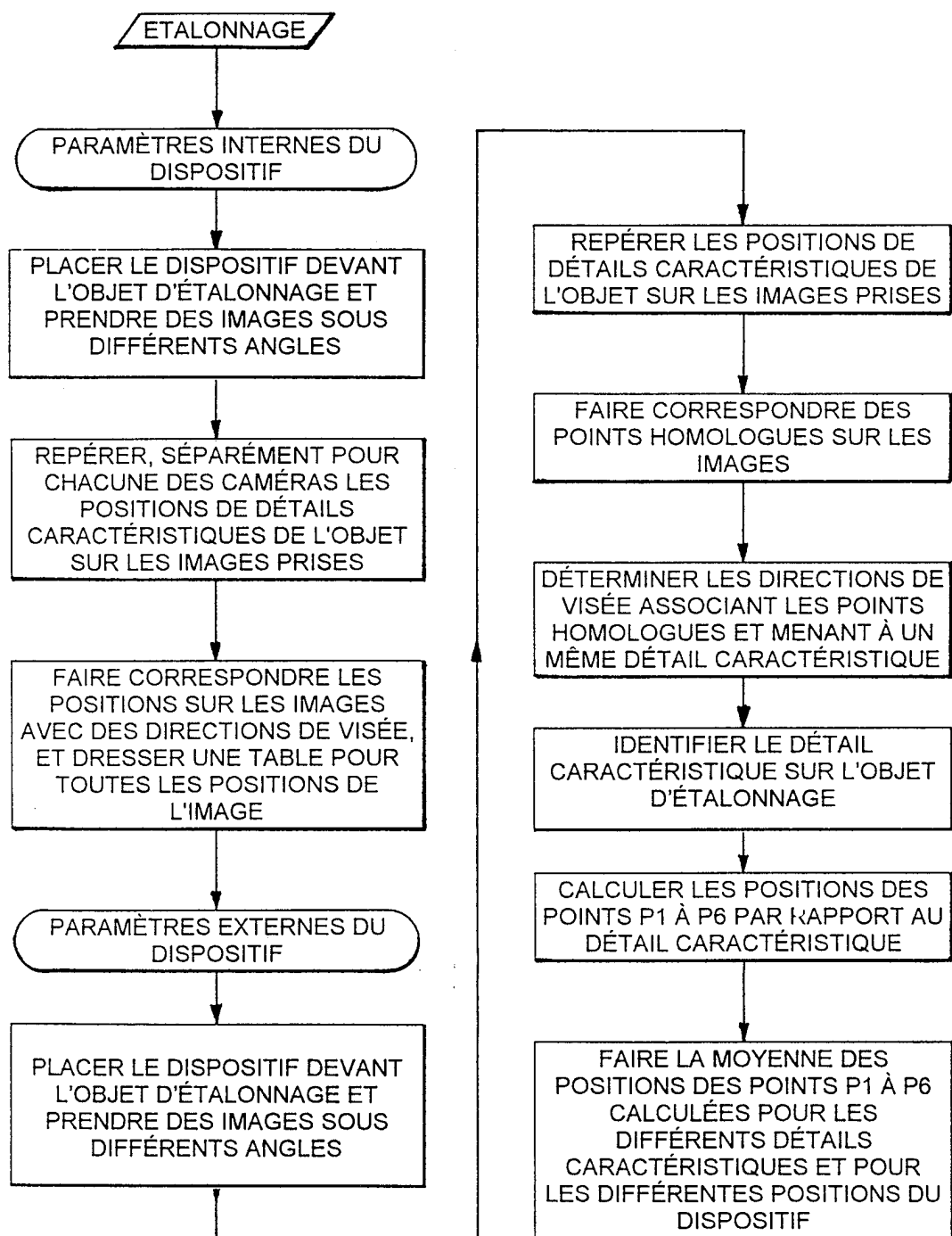


FIG. 8

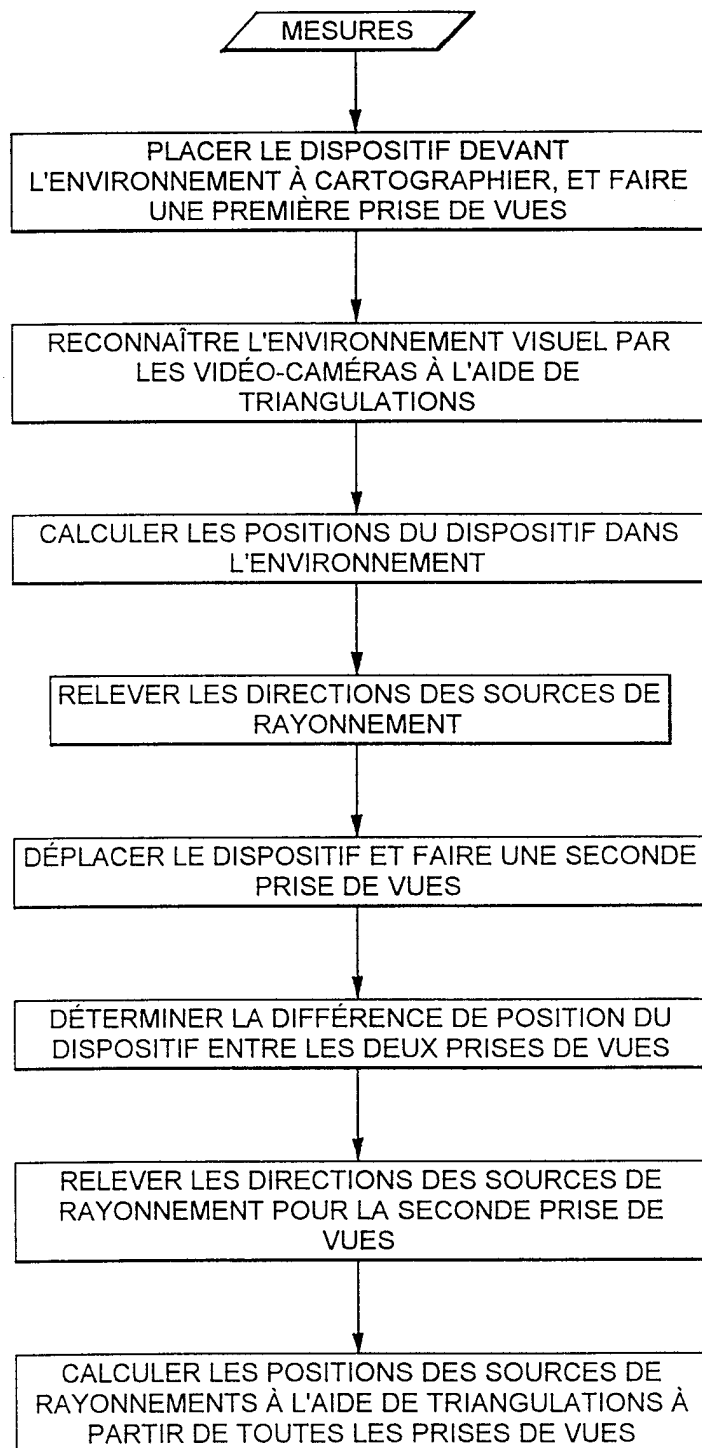
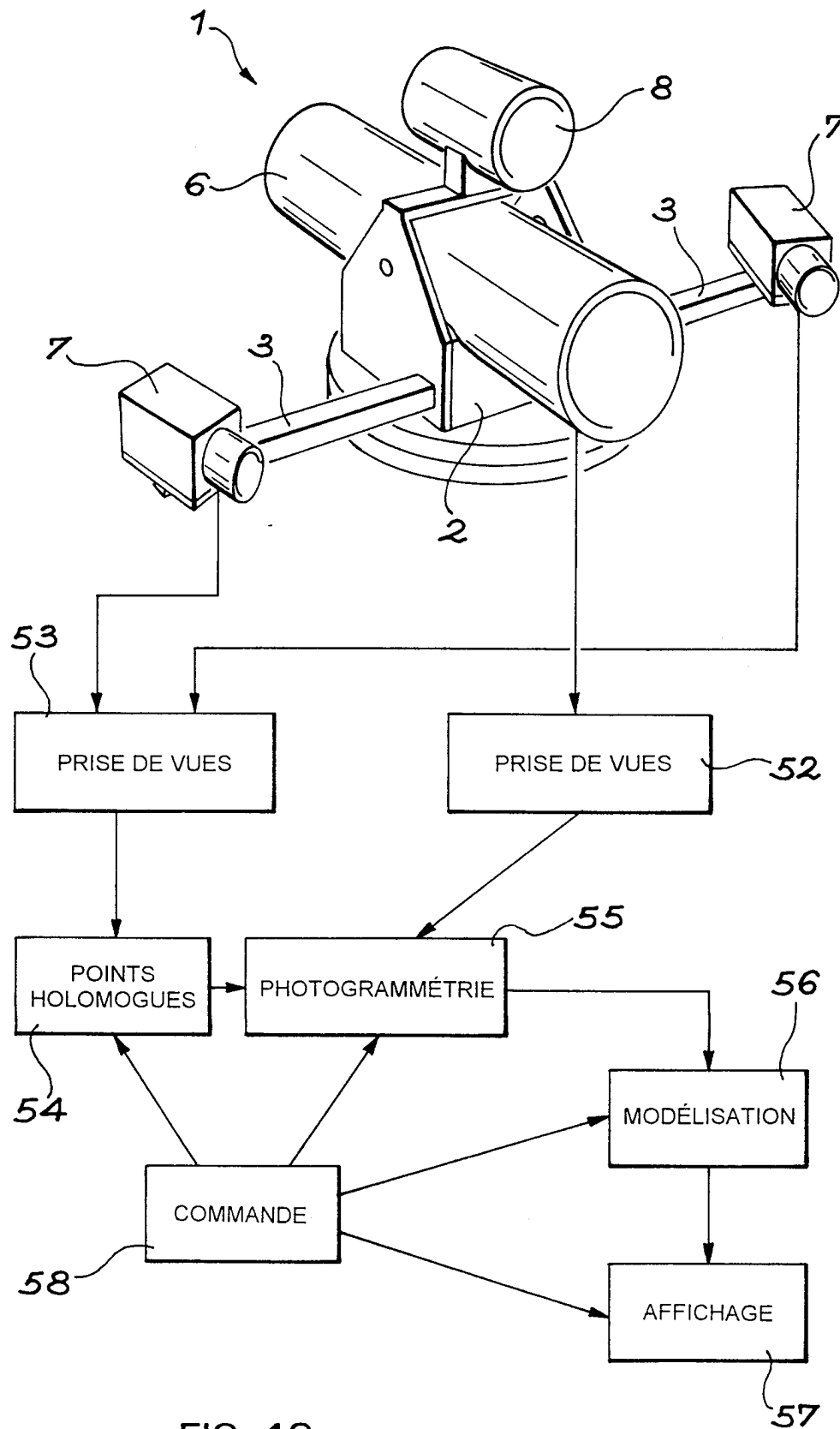


FIG. 9



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

national Application No
PCT/FR 98/00293

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 G03B42/02 G01T1/29

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 6 G03B G01T G06T G01N G21K G02B

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.
X	WO 96 20421 A (LEICA AG ;SPINK ROGER (CH); BRAUNECKER BERNHARD (CH)) 4 July 1996 cited in the application see page 1, line 1 - page 2, line 28 see page 13, line 11 - page 14, line 12 see page 15, line 1 - page 16, line 14; claims 1-17; figures 1-4	9-12
Y	---	1-8
Y	WO 97 01769 A (BRITISH NUCLEAR FUELS PLC ;ROYLE GARY JOHN (GB); SPELLER ROBERT DA) 16 January 1997 see page 2, paragraph 4 - page 3, paragraph 3 see page 6, paragraph 1 - page 9, paragraph 1; figures 1,2 ---	1-8
	-/--	

☒ 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 May 1998

Date of mailing of the international search report

04/06/1998

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

Manntz, W

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

national Application No

PCT/FR 98/00293

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 5 227 969 A (WAGGENER ROBERT G ET AL) 13 July 1993 see column 2, line 20 - column 3, line 12 see column 3, line 55 - column 4, line 15 see column 5, line 13 - column 6, line 9; figures 1-5 ---	1,9
A	EP 0 610 084 A (ROBINSON MAX) 10 August 1994 see column 1, line 30 - column 2, line 58 see column 5, line 16 - line 45; figure 4 -----	1,9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

I. International Application No

PCT/FR 98/00293

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9620421 A	04-07-1996	EP 0799434 A	08-10-1997
WO 9701769 A	16-01-1997	AU 6232896 A EP 0835461 A	30-01-1997 15-04-1998
US 5227969 A	13-07-1993	CA 1319764 A	29-06-1993
EP 0610084 A	10-08-1994	DE 69409554 D	20-05-1998

PCT/FR 98/00293

CIB 6 G03B42/02 G01T1/29

CIB 6 G03B G01T G06T G01N G21K G02B

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)

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	WO 96 20421 A (LEICA AG ; SPINK ROGER (CH); BRAUNECKER BERNHARD (CH)) 4 juillet 1996 cité dans la demande voir page 1, ligne 1 - page 2, ligne 28 voir page 13, ligne 11 - page 14, ligne 12 voir page 15, ligne 1 - page 16, ligne 14; revendications 1-17; figures 1-4	9-12
Y	---	1-8
Y	WO 97 01769 A (BRITISH NUCLEAR FUELS PLC ; ROYLE GARY JOHN (GB); SPELLER ROBERT DA) 16 janvier 1997 voir page 2, alinéa 4 - page 3, alinéa 3 voir page 6, alinéa 1 - page 9, alinéa 1; figures 1,2 ---	1-8
	--- -/--	

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

04/06/1998

Manntz, W

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Recherche Internationale No
PCT/FR 98/00293

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	US 5 227 969 A (WAGGENER ROBERT G ET AL) 13 juillet 1993 voir colonne 2, ligne 20 - colonne 3, ligne 12 voir colonne 3, ligne 55 - colonne 4, ligne 15 voir colonne 5, ligne 13 - colonne 6, ligne 9; figures 1-5 ----	1,9
A	EP 0 610 084 A (ROBINSON MAX) 10 août 1994 voir colonne 1, ligne 30 - colonne 2, ligne 58 voir colonne 5, ligne 16 - ligne 45; figure 4 -----	1,9

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Classe Internationale No

PCT/FR 98/00293

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 9620421 A	04-07-1996	EP 0799434 A	08-10-1997
WO 9701769 A	16-01-1997	AU 6232896 A	30-01-1997
		EP 0835461 A	15-04-1998
US 5227969 A	13-07-1993	CA 1319764 A	29-06-1993
EP 0610084 A	10-08-1994	DE 69409554 D	20-05-1998