

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 985 070

②1 N° d'enregistrement national : **11 62167**

⑤1 Int Cl⁸ : **G 08 B 21/04 (2013.01), H 04 N 5/33**

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 **Date de dépôt** : 21.12.11.

③0 **Priorité** :

④3 **Date de mise à la disposition du public de la demande** : 28.06.13 Bulletin 13/26.

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)** : ORME — FR et PERFEX — FR.

⑦2 **Inventeur(s)** : MEYER MARIE-LAURENCE, ORIAT LUC, ZALEWSKI FREDERIC, ROUSSE ERIC et DAR-RACQ FREDERIC.

⑦3 **Titulaire(s)** : ORME, PERFEX.

⑦4 **Mandataire(s)** : DEJADE & BISET Société par actions simplifiée.

⑤4 **PROCEDE ET SYSTEME DE DETECTION DE CHUTES DE PERSONNES.**

⑤7 Un système (1) de détection de chutes de personnes comprenant

- un dispositif (2) de prise de vue numérique pourvu d'un premier capteur (3) matriciel sensible du visible à l'infrarouge et d'un deuxième capteur (4) matriciel sensible du visible à l'infrarouge, les deux capteurs (3-4) regardant sensiblement différemment une même scène (10);

- une unité (5) d'analyse programmée pour
o acquérir depuis ledit dispositif (2) de prise de vue numérique, d'une image prise par ledit premier capteur (3) matriciel sensible du visible à l'infrarouge et d'une image prise par ledit deuxième capteur (4) matriciel sensible du visible à l'infrarouge, ces deux images étant prises de manière synchrone et formant une paire d'images de ladite scène (10);
o détecter la chute d'au moins une personne dans ladite scène (10) à partir d'une séquence dans le temps de paires d'images de ladite scène (10).

FR 2 985 070 - A1



PROCEDE ET SYSTEME DE DETECTION DE CHUTES DE PERSONNES

La présente invention se rapporte au domaine technique de la détection de chutes de personnes par analyse automatique d'images.

On entend, ici, par « chute » l'action de tomber au sol d'une manière involontaire. Notamment, différents facteurs peuvent être à l'origine de cette action tels que l'âge, l'état de santé (troubles de marche ou d'équilibre, acuité visuelle réduite), des facteurs comportementaux (sédentarité, suite à une consommation d'alcool par exemple), et/ou des facteurs environnementaux (un éclairage insuffisant, un lieu de passage encombré par exemple).

Par ailleurs, on désigne, ici, par « personnes » tout sujet à risque de chute tels que des personnes âgées, des personnes malades, des travailleurs isolés, des jeunes enfants, ou des robots.

On note en particulier que la chute représente la cause majeure de décès chez les personnes âgées.

Comme solutions à ce problème, on distingue dans l'état de la technique différentes approches mettant en œuvre

- des techniques basées sur l'utilisation de capteurs de chute cinématiques/physiologiques - à porter en permanence par la personne généralement sous formes de médaillons ou bracelets-montres - programmés pour signaler la chute sur la base de la posture horizontale et/ou verticale de la personne ; ou
- des techniques de vidéosurveillance reposant sur l'analyse d'images captées par une pluralité de caméras déployées dans l'environnement à surveiller.

Les procédés et systèmes connus sont imparfaits, principalement en raison de leur faible fiabilité en termes de résistance aux fausses alarmes (faux positifs : le fait de signaler une chute alors il n'y en a pas) et aux défauts de détection d'une chute (faux négatifs : le fait de ne pas signaler une chute alors qu'il y en a eu bien une).

En effet, la grande variété de chutes possibles d'une personne, dont certaines s'apparentent à des actions quotidiennes, est source d'erreurs pour la plupart des systèmes basés sur des capteurs cinématiques portés par la personne. A titre d'exemples illustratifs, les actions « s'asseoir sur le lit et se coucher », « s'asseoir sur un fauteuil à partir de la position debout » et « se pencher ou s'accroupir pour ramasser un objet au sol » - s'apparentant, respectivement, à une chute en arrière à partir de la position assise et se terminant en position allongée, à une chute se terminant en position assise, et à une chute en avant se terminant en position accroupie avec récupération - peuvent mettre en défaut les performances des capteurs cinématique de chutes.

En outre, le port de capteurs peut être vu comme intrusif par la personne, où il est obligé de porter au moins un badge.

En ce qui concerne les techniques de vidéosurveillance pour la détection de chutes de personnes, la présence d'éléments perturbateurs dans l'environnement à surveiller (un éclairage multi-sources et variable, l'obscurité, un éclairage faible, l'ombre d'une personne en mouvement dans cet environnement, la présence de plusieurs personnes, la présence d'animaux domestiques, des changements dans cet environnement tels que le déplacement/introduction d'objets par exemple) sont de nature à limiter la fiabilité de ces techniques.

Par ailleurs, les systèmes de détection de chutes basés sur la vidéosurveillance connus à ce jour mettent en œuvre un système distribué composé d'au moins trois caméras, les rendant ainsi complexes et laborieux à déployer.

Un objet de la présente invention est de remédier aux inconvénients précités.

Un autre objet de la présente invention est de proposer un système temps réel de détection de chute, en mesure de détecter la chute d'une personne d'une manière fiable et pertinente.

Un autre objet de la présente invention est de proposer une méthode de détection de chutes de personnes capable de suivre plus d'un sujet dans un environnement sous surveillance.

5 Un autre objet de la présente invention est de proposer un système de détection de chutes non-intrusive (c.à.d. ne nécessitant pas le port des capteurs).

Un autre objet de la présente invention est de proposer un système de détection de chutes de personnes insensible aux éléments perturbateurs cités ci-dessus.

10 Un autre objet de la présente invention est de simplifier les systèmes de détection de chutes en réduisant le nombre de caméras requises.

Un autre objet de la présente invention est de proposer un système de détection de chutes compact.

15 Un autre objet de la présente invention est d'assurer le bien-être des personnes à risque de chute.

A cette fin, l'invention se rapporte, selon un premier aspect, à un système de détection de chutes de personnes comprenant

- un dispositif de prise de vue numérique pourvu d'un premier capteur matriciel sensible du visible à l'infrarouge et d'un deuxième capteur
20 matriciel sensible du visible à l'infrarouge, les deux capteurs regardant sensiblement différemment une même scène;
- une unité d'analyse programmée pour
 - acquérir depuis ledit dispositif de prise de vue numérique, une
25 image prise par ledit premier capteur matriciel sensible du visible à l'infrarouge et une image prise par ledit deuxième capteur matriciel sensible du visible à l'infrarouge, ces deux images étant prises de manière synchrone et formant une paire d'images de ladite scène;
 - détecter la chute d'au moins une personne dans ladite scène à
30 partir d'une séquence dans le temps de paires d'images de ladite scène.

Avantageusement, le premier et deuxième capteur matriciel sensibles du visible à l'infrarouge sont calibrés spatialement par rapport au sol de la scène à surveiller.

5 Ce système comprend, en outre, un dispositif d'éclairage infrarouge agencé pour assurer un éclairage diffus dans la scène.

Selon un mode de réalisation, l'unité d'analyse est programmée pour

- détecter les objets en mouvement dans ladite scène à partir des images prises par ledit premier capteur matriciel sensible du visible à l'infrarouge ;
- 10 - suivre en deux dimensions les objets détectés dans les images prises par ledit premier capteur matriciel sensible du visible à l'infrarouge ;
- squelettiser, dans au moins une image prise par ledit premier capteur matriciel sensible du visible à l'infrarouge, les objets suivis en deux dimensions ;
- 15 - discrétiser au moins un squelette ;
- rechercher dans l'image prise par ledit deuxième capteur matriciel sensible du visible à l'infrarouge et correspondante, dans une paire d'images, à ladite au moins une image prise par ledit premier capteur matriciel sensible du visible à l'infrarouge des points homologues aux
- 20 points discrets du squelette discrétisé ;
- calculer les positions 3D des points discrets dudit squelette ;
- comparer à des valeurs prédéfinies la vitesse de variation au cours du temps des hauteurs moyennes des points discrets.

Avantageusement, afin de détecter les objets en mouvement, l'unité
25 d'analyse est agencée pour utiliser la variation dans le temps des contours d'une image à la suivante dans une séquence d'images successives prises par ledit premier capteur matriciel sensible du visible à l'infrarouge.

Avantageusement, afin de pouvoir suivre en deux dimensions les objets détectés, l'unité d'analyse est agencée pour

- 30 - lisser les contours détectés ;
- identifier des composantes connexes dans les contours lissés ;

- distinguer des objets sur la bases des composantes connexes identifiées ;
- représenter chaque objet distingué par un masque binaire.

Avantageusement, afin de calculer les positions 3D des points discrets dudit squelette, l'unité d'analyse utilise le principe de la géométrie épipolaire pour une paire d'images prises sous deux angles de vue sensiblement différents.

L'invention se rapporte, selon un deuxième aspect, à un procédé de détection de chutes de personnes comprenant les étapes suivantes :

- 10 - prise, de manière synchrone, d'une paire d'images numériques d'une scène, une image sous un premier angle de vue et une image sous un deuxième angle de vue, le premier et le deuxième angle de vue étant sensiblement différents;
- détection de la chute d'au moins une personne dans ladite scène à partir d'une séquence dans le temps de paires d'images numériques de ladite scène.

L'invention propose, selon un troisième aspect, un produit programme d'ordinateur implémenté sur un support mémoire, susceptible d'être mis en œuvre au sein d'une unité de traitement informatique et comprenant des instructions pour la mise en œuvre du procédé résumé ci-dessus.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront plus clairement et de manière concrète à la lecture de la description ci-après de modes de réalisation préférés, laquelle est faite en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- 25 - la figure 1 présente une architecture fonctionnelle d'un système de détection de chutes de personnes selon un mode de réalisation;
- la figure 2 illustre schématiquement un mode d'installation non limitative du système de détection de chutes de personnes ;
- 30 - la figure 3 illustre schématiquement l'étape de calibration 3D du dispositif de prise de vue numérique du système de détection de chutes ;

- la figure 4 est un diagramme schématique illustrant un mode de fonctionnement possible du système de détection de chutes ;
- la figure 5 illustre schématiquement l'effet d'une étape de suppression d'ombre appliqué à une image de l'environnement à surveiller ;
- les figures 6, 7, 9 et 10 illustrent schématiquement des résultats intermédiaires du procédé de détection de chutes de personnes.
- la figure 8 illustre schématiquement le principe de la géométrie épipolaire.
- la figure 11 représente une courbe de la variation de la hauteur d'une personne en mouvement dans l'environnement surveillé.

Sur la figure 1 est représenté un système **1** agencé pour détecter et signaler en temps réel toute chute de personne présente dans l'environnement **10** sous surveillance (une scène **10** sous surveillance).

Notamment, l'environnement **10** peut être un environnement intérieur (une pièce, un couloir, un escalier, une halle, une rame de métro, une cabine d'un ascenseur, une station de métro par exemple), ou un environnement extérieur (un parking, une gare, une station de bus, l'entrée/sortie d'un hôpital par exemple).

Le système **1** de détection de chutes est, en effet, chargé de repérer et suivre le déplacement de toute personne présente dans l'environnement **10** dans le but de détecter son éventuelle chute et déclencher, le cas échéant, un protocole d'intervention. Pour cela, ce système **1** de détection de chutes de personnes comprend

- un dispositif **2** de prise de vue numérique permettant de prendre des images de l'environnement **10** ;
- un dispositif **7** d'éclairage infrarouge ;
- une unité **5** d'analyse ; et
- un module **6** de communication permettant ce système d'interagir avec d'autres systèmes de communication.

Le dispositif **2** de prise de vue comprend deux capteurs **3-4** matriciels sensibles du domaine visible jusqu'à l'infrarouge (deux caméras sensibles

du visible à l'infrarouge) juxtaposés de façon à regarder sensiblement différemment la même scène **10** (ou environnement **10**), comme indiqué sur la figure 1 ou 2 (c.à.d. les deux caméras **3** et **4** ont presque le même champ de vision). Un capteur **3-4** matriciel sensible du visible à l'infrarouge permet
5 notamment de capter, dans l'environnement **10**, la géométrie et l'intensité de tout phénomène physique observé ainsi que son évolution au cours du temps.

Avantageusement, les deux capteurs **3-4** matriciels sensibles du visible à l'infrarouge assemblés en un seul dispositif **2** offre au système **1** de
10 détection de chutes une compacité et une simplicité de déploiement.

Les deux capteurs **3-4** matriciels sensibles du visible à l'infrarouge sont disposés de sorte qu'ils regardent la même scène de manière synchrone, et sont munis d'objectifs grands-angles de façon à ce que leur champ de vision couvre l'environnement **10**.

15 Dans une mise en œuvre, lorsque l'environnement **10** sous surveillance est un environnement intérieur telle qu'une pièce, le dispositif **2** de prise de vue est monté en haut d'un mur de la pièce, à l'intersection avec le plafond, comme indiqué sur la figure 2.

Dans une autre mise en œuvre, lorsque l'environnement **10** sous
20 surveillance est un environnement extérieur, le dispositif **2** de prise de vue est placé à une hauteur prédéterminée en regard de l'environnement **10** à surveiller.

Par ailleurs, le dispositif **7** d'éclairage infrarouge, de préférence orienté vers le plafond, permet d'avoir un éclairage diffus et évite, par conséquent,
25 la projection d'ombre dans l'environnement **10**. L'atténuation, voir l'évitement, de la projection d'ombres dans le champ de vision du dispositif **2** de prise de vue numérique a pour effet de permettre la détection de chutes de jour comme de nuit avec la même fiabilité.

Il en résulte qu'avantageusement le système **1** de détection de chutes est
30 fonctionnel du jour comme de nuit sans nécessiter d'interventions de la part de l'utilisateur (particulièrement le réglage des optiques, des contrastes, des luminosités par exemple). L'optique est, en effet, utilisée à ouverture

quasi-maximale et la quantité de lumière que reçoivent les capteurs **3-4** matriciels sensibles du visible à l'infrarouge pour les scènes de jour et de nuit est ajustée à l'aide du temps d'obturation.

L'unité **5** d'analyse comprend des composantes logicielles (c.à.d. des algorithmes) et matérielles (des espaces mémoires, un processeur par exemple) dont la conjugaison permet, sur la base des images de l'environnement **10** acquises depuis le dispositif **2** de prise vue, de détecter la présence d'une personne dans l'environnement **10**, de suivre les déplacements de cette personne, de détecter son éventuelle chute, et déclencher, le cas échéant, le module **6** de communication.

En effet, l'unité **5** d'analyse prend en entrées des images prises de manière synchrone par les deux caméras **3-4** (c.à.d. les deux capteurs **3-4** matriciels sensibles du visible à l'infrarouge) pour les traiter en temps réel afin d'y détecter une éventuelle chute d'une personne suivie dans l'environnement **10** et subséquemment émettre une alarme via le module **6** de communication.

Il est à noter qu'avant la mise en route dans l'environnement **10** du système **1** de détection de chute, une étape préliminaire de calibration 3D des deux caméras **3-4** est effectuée. Cette étape préliminaire permet, en effet, de réaliser la calibration spatiale des capteurs **3-4** matriciels par rapport au sol de l'environnement **10** surveillée. En particulier, cette calibration 3D détermine les positions et orientations relatives des deux capteurs **3-4** dans le repère spatial lié à l'environnement **10**.

Selon un mode de réalisation illustré sur la figure 3, la calibration 3D des deux caméras **3-4** est faite à l'aide d'une mire correspondant à un damier noir et blanc plate (ou toute autre mire de calibration) et dont les dimensions des carrés sont connues. Cette mire est visualisée de manière synchrone sur les deux capteurs **3-4**. Un algorithme de calibration détecte les positions des points de la mire et calcule les paramètres de calibration du dispositif **2** de prise de vue numérique. Au cours du procédé de calibration, la mire est placée sur le sol afin de définir le repère du sol de l'environnement **10**. L'équation du plan qui minimise la distance à tous ces points au sens des moindres carrés est, ensuite, formulée. Enfin, un repère

dont les axes X et Y se trouvent sur le plan correspondant au sol de l'environnement **10**, et dont l'axe Z est orthogonal au plan est calculé. Il est à noter que le repère (X,Y) n'est pas forcément horizontal, tel que le cas de surveillance d'un escalier par exemple.

5 En se reportant maintenant à la figure 4, le procédé de détection de chutes de personnes dans l'environnement **10** - mettant en œuvre les composants décrits ci-dessus du système **1** - comprend les étapes suivantes :

- 10 - acquisition successive, par l'unité **5** d'analyse, de paires d'images prises, de manière synchrone, respectivement par les deux capteurs **3-4** matriciels sensibles du visible à l'infrarouge. Autrement-dit, l'unité **5** d'analyse prend en entrée à une fréquence prédéterminée une image prise par le capteur **3** et une image prise par le capteur **4** (étape **20** sur la figure 4). Ces deux images prises de manière synchrone forment une paire d'images de l'environnement **10** ;
- 15 - détection des objets en mouvement dans l'environnement **10** à partir d'une séquence d'images successives acquises depuis une des deux caméras **3-4** (la caméra **3** dans l'exemple de la figure 4) (étape **21** sur la figure 4) : en cas de non détection d'objets en mouvement (test **22** sur la figure 4), alors reprise du procédé à l'étape initiale (flèche renvoyant à l'étape **20** pour une nouvelle itération du procédé), sinon poursuite du procédé ;
- 20 - suivi 2D des objets détectés en mouvement (étape **23** sur la figure 4) ;
- 25 - squelettisation et discrétisation des objets suivis (étape **24** sur la figure 4) ;
- mise en correspondance des points discrets des objets suivis avec ceux compris dans l'image correspondante prise par le deuxième capteur (la caméra 4 dans l'exemple de la figure 4): recherche dans l'image correspondante rendue par le capteur **4** des points homologues des points discrets des squelettes des objets en mouvement détectés dans l'image prise par le capteur **3** (étape **25** sur la figure 4) ;
- 30 - calcul des positions 3D, par triangulation, des points discrets des squelettes des objets suivis, les deux caméras **3-4** étant
- 35

préalablement calibrés spatialement par rapport au sol de l'environnement surveillé (étape **26** sur la figure 4);

- analyse de la distribution verticale des points discrets de chaque squelette: traçage de la hauteur moyenne au cours du temps (c'est-à-dire issue de plusieurs images dans le temps) des points de chaque squelette (étape **27** sur la figure 4). La comparaison à des valeurs prédéfinies de la vitesse de variation des hauteurs moyennes de ces points discrets permet de détecter une chute, cette dernière correspondant à une décroissance rapide de la hauteur moyenne d'un objet suivie d'une temporisation au sol (c'est-à-dire la chute est confirmée si l'objet reste une certaine durée au sol) (test **28** sur la figure 4). En même temps, on passe à l'itération suivante (flèche renvoyant à l'étape **20**) en recevant de manière synchrone une nouvelle paire d'images rendue par les deux caméras **3-4** ;
- en cas de détection d'une chute (test **28** sur la figure 4), signalisation de cette chute via le module **6** de communication (étape **29** sur la figure 4).

La détection d'objets en mouvement dans l'environnement **10** à partir d'une séquence d'images successives prises par le capteur **3** est faite sur la base des variations dans le temps des contours (algorithme de Sobel) d'une image à la suivante dans cette séquence, une séquence d'images étant formée par un nombre prédéterminé des toutes dernières images acquises depuis le capteur **3** matriciel sensible du visible à l'infrarouge.

La détection d'objets en mouvement à partir d'une séquence d'images acquises depuis le capteur **3** procède par deux étapes de prétraitement, à savoir,

- la suppression des ombres : en scène de jour comme de nuit, l'éclairage (en intérieur ou en extérieur) projette souvent des ombres assez prononcées, sur le sol, sur le mur ou sur les objets aux alentours. En effet, si une personne passe devant la source de lumière, une détection de mouvement classique a tendance à détecter les ombres comme des objets en mouvements. Cependant, grâce au dispositif **7** d'éclairage infrarouge, qui a pour

effet d'atténuer les ombres du fait qu'il est orienté vers un diffuseur (le plafond par exemple), les frontières de ces ombres deviennent assez douces et ne sont plus ou peu visibles lors d'une détection de contours. Par conséquent, l'approche adoptée est de faire de la détection de mouvement en se basant sur les variations des contours de l'image au cours du temps car aucune des ombres ne génère de contour même avec des seuils de détection relativement bas (voir figure 5) ;

5

10

15

20

- calcul de l'arrière plan (soustraction du fond): on définit l'arrière-plan dans une séquence d'images comme l'ensemble des pixels immobiles dans la séquence d'image pendant une durée prédéfinie, appelée historique. Une détection des contours (algorithme de Sobel), est donc appliquée sur l'image puis, l'arrière plan des contours est créé de la façon suivante : si un pixel est détecté comme un contour sur plus de la moitié de l'historique des contours, alors ce pixel fait partie des contours de l'arrière plan. Enfin une différence entre les contours courants et l'arrière plan des contours permet de trouver les contours en mouvement (image b de la figure 9). Les opérateurs morpho-mathématiques d'ouverture et de fermeture sont appliqués sur l'image obtenue pour connecter les objets proches et supprimer le bruit de détection (image c de la figure 9).

25

Avantageusement, le dispositif **7** d'éclairage infrarouge de l'environnement **10** surveillé a pour effet d'atténuer les ombres et donc d'améliorer la précision de détection d'un objet en mouvement dans l'environnement **10**.

L'étape de suivi 2D des objets détectés en mouvement dans l'environnement **10** vise, notamment, à analyser dans le temps le comportement de toute personne distinguée et à détecter toute nouvelle personne qui paraît dans cet environnement **10**.

30

Pour cela, le suivi 2D des objets détectés en mouvement dans l'environnement **10** est obtenu de la manière suivante :

- lissage des contours détectés ;

- identification des composantes connexes dans ces contours lissés ;
- clusterisation des composantes connexes : autrement dit la distinction des objets (ces objets étant supposés des « personnes »); et
- suivi des mouvements des objets distingués en se basant sur la modélisation du fond fixe (chaque personne distinguée est représentée par un masque binaire).

En effet, dans un premier temps, les composantes connexes (CC) sont identifiées dans le masque représentant chaque pixel avec du mouvement. Ces CCs sont ensuite filtrées en fonction de leur taille pour éliminer le bruit : si une CC est composée de moins d'un seuil exprimé en pixels, alors elle fait partie du bruit. Sinon, l'algorithme suivant est utilisé pour agréger les CCs à des objets (c.à.d. à des personnes) :

- les CCs sont triées par taille (nombre de pixels) ;
- pour chaque CC, un score est calculé pour chaque objet existant, basé sur :
 - o la proximité de la CC avec l'objet à l'image précédente ;
 - o la différence de taille entre la CC et l'objet à l'image précédente
- si le score de la CC est inférieur à un certain seuil, alors elle est agrégée à l'objet. Sinon, un nouvel objet est créé à partir de la CC : cela signifie qu'une nouvelle personne est entrée dans le champ, qui doit être également suivie.

Ainsi, chaque objet en mouvement dans le champ des deux caméras **3-4** est suivi, et représenté par un masque binaire.

La phase suivante est la squelettisation/discrétisation des objets suivis : en morphologie mathématique, le squelette d'un objet binaire est défini comme l'ensemble des centres des boules maximales contenues dans cet objet binaire. Le squelette obtenu est alors discrétisé en un certain nombre de points, comme indiqué sur la figure 7.

Dans une étape suivante, l'attitude en 3D des personnes détectées dans l'environnement **10** est reconstruite sur la base du principe de la

stéréovision et la géométrie épipolaire. Il est à noter que la stéréovision consiste à utiliser deux images synchrones de la scène.

En référence à la figure 8, un point P de la scène est vu en 2 dimensions dans chacune des deux images rendues par les caméras 3 et 4.

5 Connaissant les paramètres de calibration du système, la position 3D du point P peut-être calculée par triangulation à partir de ce couple de positions p1 et p2 du point P vu des deux caméras 3-4.

Le principe de la contrainte épipolaire peut se déduire de ce schéma géométrique (voir Figure 8), en remarquant que les points C1, C2 (centres optiques des caméras 3-4), p1, p2 (projections du point P sur les images, Image_1 et Image_2, des deux caméras 3-4) et le point P lui-même sont coplanaires. L'intersection de ce plan avec le plan de chacune des images est une droite, appelée droite épipolaire. Ainsi, l'homologue d'un point p1 sur l'image Image_1 se trouve forcément, dans l'image Image_2, sur la droite épipolaire formée par l'intersection du plan (C1, C2, p1) et l'image Image_2. Cette contrainte facilite la mise en correspondance de points d'une image à l'autre par reconnaissance de forme en termes de robustesse et de temps de calcul.

Dans une mise en œuvre, la mise en correspondance et triangulation est obtenue en cherchant à chaque instant, dans l'image rendue par la caméra 4, les homologues de tous les points discrets du squelette du ou de chaque objet en mouvement détectés dans l'image de la caméra 3 (flèche reliant l'étape 20 à l'étape 25 sur la figure 4). Cette étape de mise en correspondance des points par reconnaissance de forme est réalisée par corrélation croisée normalisée le long de la droite épipolaire de chacun des points de chaque squelette identifié dans l'image rendue par la caméra 3.

On en déduit les positions 3D des points appariés par triangulation (voir Figure 8) en s'appuyant sur la calibration spatiale réalisée à l'installation du système 1 de détection de chutes. Les coordonnées 3D de ces points du squelette sont exprimées dans le repère spatial du sol de la zone sous surveillance. La figure 9 et 10 illustrent la distribution des points 3D d'un squelette, respectivement, d'une personne debout et d'une personne allongée sur le sol.

Maintenant, à partir des points 3D obtenus du squelette dans le repère du sol de la zone surveillée, l'attitude de l'objet en mouvement est analysée. Notamment, on trace sa hauteur au cours du temps, comme indiqué sur la Figure 11. Pour limiter le bruit, les valeurs moyennes au cours du temps de la hauteur d'un objet sont utilisées (la courbe lisse de la figure 11). A partir de cette courbe, il est considéré qu'une chute correspond à une variation subite de la hauteur moyenne d'un objet vers le bas suivie d'une temporisation au sol. La vitesse de décroissance de la hauteur moyenne d'une personne en activité normale reste généralement en dessous d'un certain seuil alors que lors d'une chute elle dépasse cette limite.

La détection de chutes d'une personne à partir d'une courbe représentative de la variation de sa hauteur moyenne dans une séquence d'images successives (et donc au cours du temps) repose sur le fait de détecter dans cette courbe une signature de chute. A titre d'exemple, le scénario «hauteur moyenne relativement importante (Debout)- décroissance de la hauteur moyenne à une vitesse rapide – hauteur moyenne au voisinage de zéro (allongé) » représente une signature de chute, en revanche le scénario «hauteur moyenne relativement importante (Debout), décroissance de la hauteur moyenne à une vitesse moyenne – hauteur moyenne légèrement supérieure à zéro (allongé)» représente une signature d'allongement et non pas celle d'une chute.

A titre d'exemple, sur la figure 11, la dernière chute correspond à une personne assise qui, en se relevant, tombe par terre (par conséquent, la chute depuis une position assise est prise en compte par le présent système de détection de chutes).

Avantageusement, les seuils cités ci-dessus, étant variables d'une personne à une autre et d'une configuration à une autre du dispositif 2 de prise de vue numérique, sont réglables.

Le module 6 de communication est configuré pour informer un module externe (non représenté sur la figure 1) d'une chute de personne survenue dans l'environnement 10 sous surveillance. Ce module externe peut être un serveur distant d'un plateau médicalisé, un terminal utilisateur, un centre

de téléassistance, ou plus généralement tout autre moyen de communication.

Le module **6** de communication est pourvu d'une pluralité d'interfaces de communications apte à transmettre via des réseaux de communications des informations (un SMS, un MMS, une transmission en directe d'images en provenance du système de prise de vues numérique, un courriel, un fax, un appel par exemple) à un destinataire prédéfini. Le module **6** de communication est en outre configuré pour répondre à une requête reçue via une de ses interfaces de communications (requête de transmettre en direct des images de l'environnement **10**, requête portant sur des statistiques relatives aux chutes et/ou aux personnes présentes dans l'environnement **10** par exemple).

Dans un mode de réalisation, les informations émises par le module de communication sont codées.

Avantageusement, le procédé décrit ci-dessus permet en outre de localiser l'endroit de la chute d'une personne dans l'environnement **10** (une chute sur la voie dans une station de métro, chute sur le lit, chute dans les escaliers par exemple) de manière à déclencher une alerte/alarme en cas de situation à risque. Cette géolocalisation est assurée bien entendu grâce à l'étape de calibration préliminaire au cours de laquelle on peut distinguer et nommer différentes zones dans le repère spatial lié à l'environnement **10**.

Le procédé qui vient d'être décrit présente un certain nombre d'avantages. En effet,

- l'éclairage infrarouge permet d'assurer un éclairage diffus dans l'environnement à surveiller et, par conséquent, d'éviter la projection d'ombres dans cet environnement. Ceci a pour effet d'avoir une représentation 3D plus fidèle à l'objet mobile réel et, donc, un suivi plus précis de cet objet dans l'environnement surveillé ;
- le dispositif **2** de prise de vue numérique bi-caméras (c.à.d. ne comprenant que deux caméras ayant presque le même champ de vision, à l'encontre des systèmes de détection de chutes conventionnels qui incluent plus de deux caméras spatialement

distribués) a pour avantage d'être compact et de permettre l'adoption de la méthode de reconstruction 3D présentée ci-dessus qui ne peut être utilisée avec un système composé de plusieurs caméras ayant des champs de vision très différents ;

- 5 – la soustraction de l'arrière plan suite à la détection des contours lissés des objets a pour effet de détecter le mouvement en tolérant des déplacements d'objets.

Avantageusement, selon le procédé et système décrits ci-dessus de détection de chutes, uniquement deux caméras sont requises pour suivre et
10 détecter la chute d'une personne parmi une pluralité de personnes présentes dans un environnement compris dans le champ de vision de ces deux caméras.

Le système de détection de chutes décrit ci-dessus trouve notamment application dans une maison de retraite, dans un hôpital (salle d'attente,
15 couloirs, entrée/sortie par exemple), dans une station de métro, ou plus généralement tout endroit destiné à des personnes dépendantes et/ou exposées aux chutes.

Il est à noter que les termes « module » ou « unité » recouvrent ici tout boîtier physique intégrant un processeur programmé pour assurer une ou
20 plusieurs fonctions prédéterminées, et/ou toute application logicielle (programme ou sous-programme, plugin) implémentée sur un processeur, indépendamment ou en combinaison avec d'autres applications logicielles.

REVENDEICATIONS

1. Un système (1) de détection de chutes de personnes comprenant

- un dispositif (2) de prise de vue numérique pourvu d'un premier capteur (3) matriciel sensible du visible à l'infrarouge et d'un
5 deuxième capteur (4) matriciel sensible du visible à l'infrarouge (4), les deux capteurs (3-4) regardant sensiblement différemment une même scène (10);

- une unité (5) d'analyse programmée pour

10 o acquérir depuis ledit dispositif (2) de prise de vue numérique, d'une image prise par ledit premier capteur (3) matriciel sensible du visible à l'infrarouge et d'une image prise par ledit deuxième capteur (4) matriciel sensible du visible à l'infrarouge, ces deux images étant prises de manière synchrone et formant une paire d'images de ladite scène (10);

15 o détecter la chute d'au moins une personne dans ladite scène (10) à partir d'une séquence dans le temps de paires d'images de ladite scène (10).

2. Un système selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un dispositif (7) d'éclairage infrarouge agencé pour
20 assurer un éclairage diffus dans la scène (10).

3. Un système selon la revendication 1 ou 2 caractérisé en ce qu'il comprend en outre un module (6) de communication permettant audit système d'interagir avec d'autres systèmes de communication.

4. Un système selon l'une quelconque des revendications
25 précédentes, caractérisé en ce que le premier et deuxième capteur (3-4) matriciel sensibles du visible à l'infrarouge sont calibrés spatialement par rapport au sol de ladite scène (10).

5. Un système selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'unité (5) d'analyse est programmée
30 pour

- détecter les objets en mouvement dans ladite scène (10) à partir des images prises par ledit premier capteur (3) matriciel sensible du visible à l'infrarouge ;
- suivre en deux dimensions les objets détectés dans les images prises
5 par ledit premier capteur (3) matriciel sensible du visible à l'infrarouge ;
- squelettiser, dans au moins une image prise par ledit premier capteur (3) matriciel sensible du visible à l'infrarouge, les objets suivis en deux dimensions ;
- 10 - discrétiser au moins un squelette ;
- rechercher dans l'image prise par ledit deuxième capteur (4) matriciel sensible du visible à l'infrarouge et correspondante, dans une paire d'images, à ladite au moins une image prise par ledit premier capteur (3) matriciel sensible du visible à l'infrarouge des points homologues
15 aux points discrets du squelette discrétisé ;
- calculer les positions 3D des points discrets dudit squelette ;
- comparer à des valeurs prédéfinies la vitesse de variation au cours du temps des hauteurs moyennes des points discrets.

6. Un système selon la revendication précédente, caractérisé en ce
20 que l'unité (5) d'analyse, pour détecter les objets en mouvement, est agencée pour utiliser la variation dans le temps des contours d'une image à la suivante dans une séquence d'images successives prises par ledit premier capteur (3) matriciel sensible du visible à l'infrarouge.

7. Un système selon la revendication 5, caractérisé en ce que
25 l'unité (5) d'analyse, pour suivre en deux dimensions les objets détectés, est agencée pour

- lisser les contours détectés ;
- identifier des composantes connexes dans les contours lissés ;
- distinguer des objets sur la bases des composantes connexes
30 identifiées ;
- représenter chaque objet distingué par un masque binaire.

8. Un système selon la revendication 5, caractérisé en ce que l'unité (5) d'analyse, pour calculer les positions 3D, utilise le principe de la

géométrie épipolaire pour une paire d'images prises sous deux angles de vue sensiblement différents.

9. Un système selon la revendication 3, caractérisé en ce que ledit module (6) de communication comprend une pluralité d'interfaces de communications.

10. Un procédé de détection de chutes de personnes comprenant les étapes suivantes :

- prise, de manière synchrone, d'une paire d'images numériques d'une scène (10), une image sous un premier angle de vue et une image sous un deuxième angle de vue, le premier et le deuxième angle de vue étant sensiblement différents ;
- détection de la chute d'au moins une personne dans ladite scène (10) à partir d'une séquence dans le temps de paires d'images numériques de ladite scène (10).

11. Un procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une étape d'éclairage infrarouge diffus de ladite scène (10).

12. Un procédé selon la revendication 10 ou 11, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une étape de signalisation de la détection de la chute d'une personne.

13. Un procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que l'étape de détection de la chute d'au moins une personne comprend

- la détection des objets en mouvement dans ladite scène (10) à partir des images prises sous le premier angle de vue ;
- le suivi en deux dimensions des objets détectés dans les images prises sous le premier angle de vue ;
- la squelettisation, dans au moins une image prise sous le premier angle de vue les objets suivis en deux dimensions ;
- la discrétisation d'au moins un squelette ;
- la recherche dans l'image prise sous ledit deuxième angle de vue et correspondante, dans une paire d'images, à ladite au moins une

image prise sous le premier angle de vue des points homologues aux points discrets du squelette discrétisé ;

- le calcul des positions 3D des points discrets dudit squelette ;
- la comparaison, à des valeurs prédéfinies, de la vitesse de variation au cours du temps des hauteurs moyennes des points discrets.

5

14. Un procédé selon la revendication 13, caractérisé en ce que l'étape de détection des objets en mouvement utilise la variation, dans le temps, des contours d'une image à la suivante dans une séquence d'images successives prises sous ledit premier angle de vue.

10

15. Un procédé selon la revendication 13, caractérisé en ce que l'étape de suivi 2D comprend

- une étape de lissage des contours détectés ;
- une étape d'identification des composantes connexes dans les contours lissés ;
- une étape de distinction d'objets sur la base des composantes connexes identifiées.
- une étape de représentation de chaque objet distingué par un masque binaire.

15

16. Un procédé selon la revendication 13, caractérisé en ce que le calcul des positions 3D utilise le principe de la géométrie épipolaire pour une paire d'images prises sous deux angles de vue sensiblement différents.

20

17. Produit programme d'ordinateur implémenté sur un support mémoire, susceptible d'être mis en œuvre au sein d'une unité de traitement informatique et comprenant des instructions pour la mise en œuvre d'un procédé selon l'une des revendications 10 à 16.

25

1/10

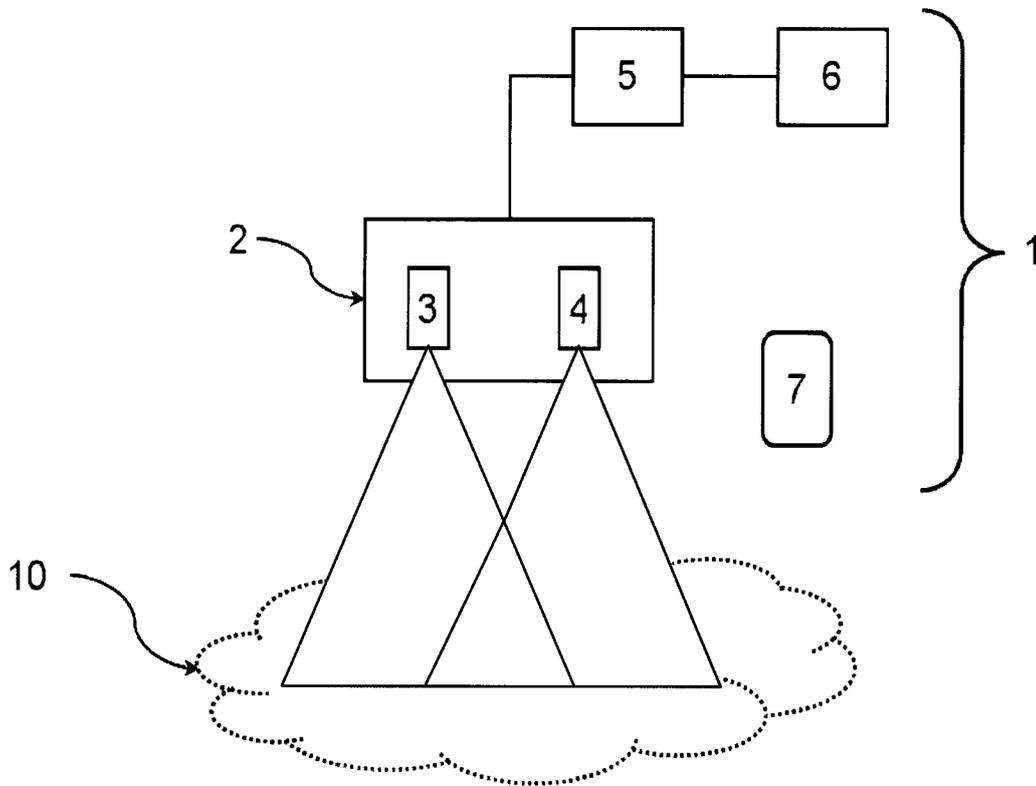


FIG.1

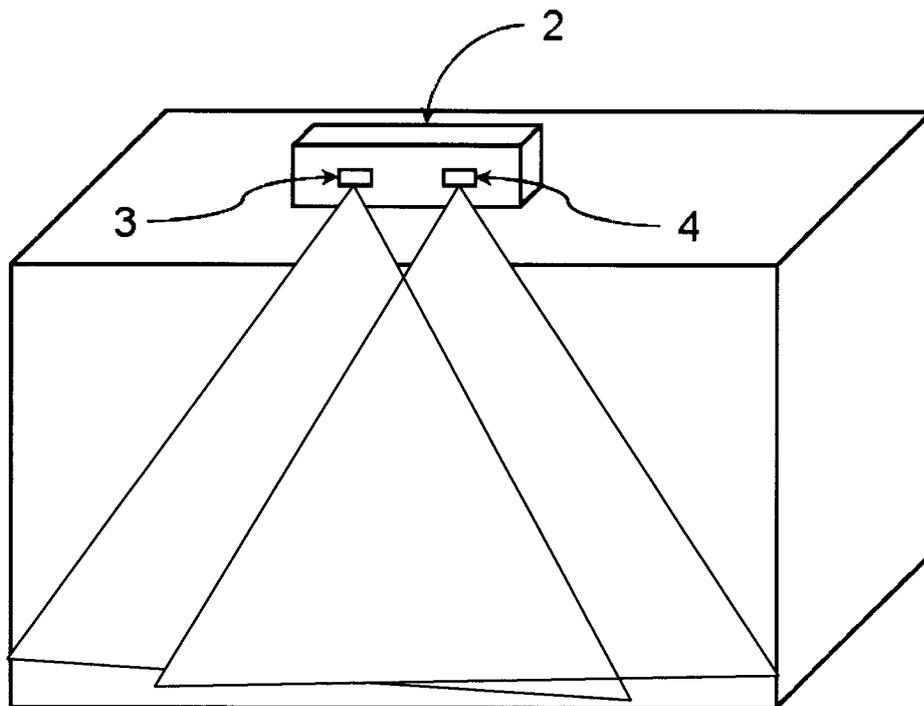


FIG.2

2/10

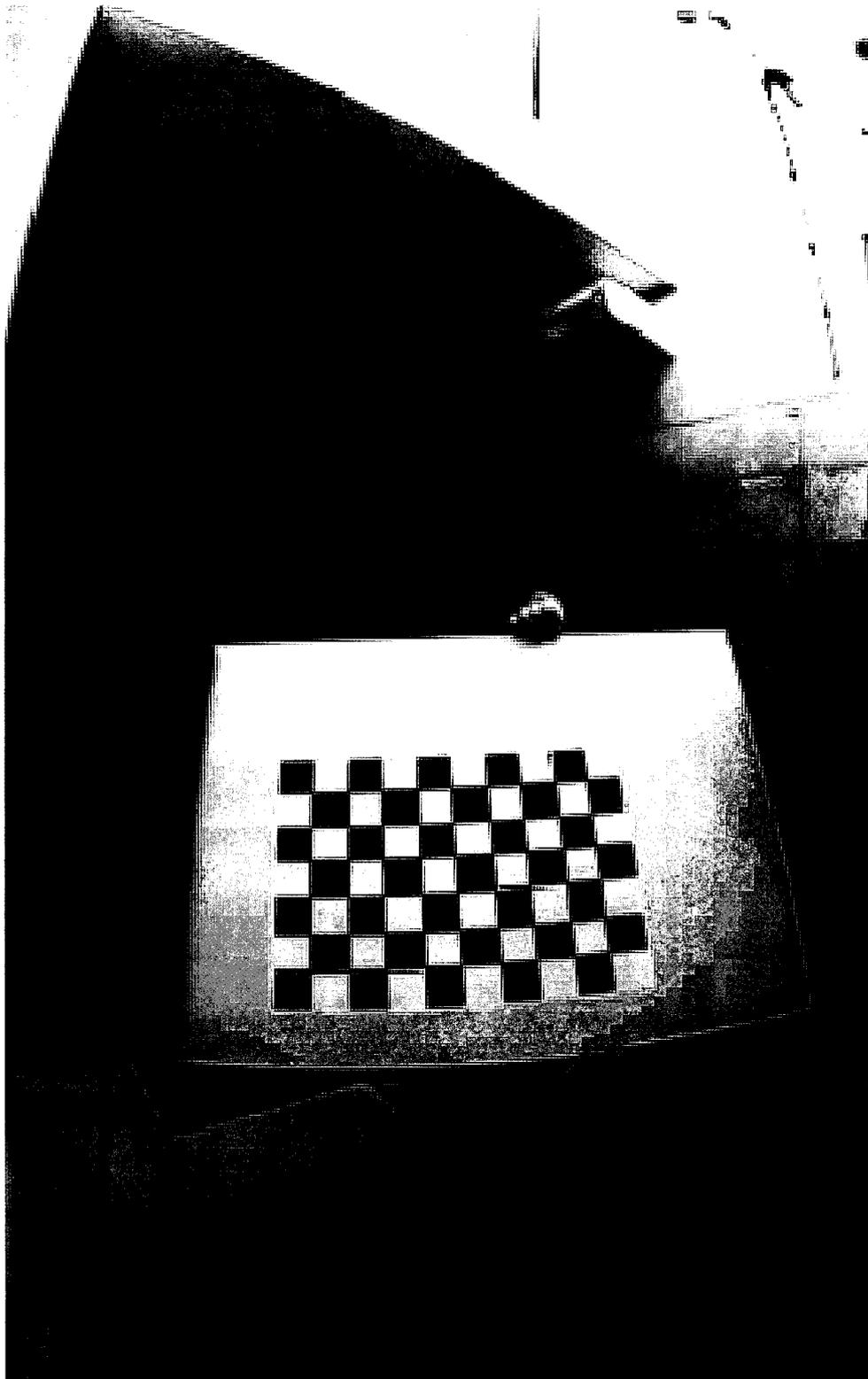


FIG.3

3/10

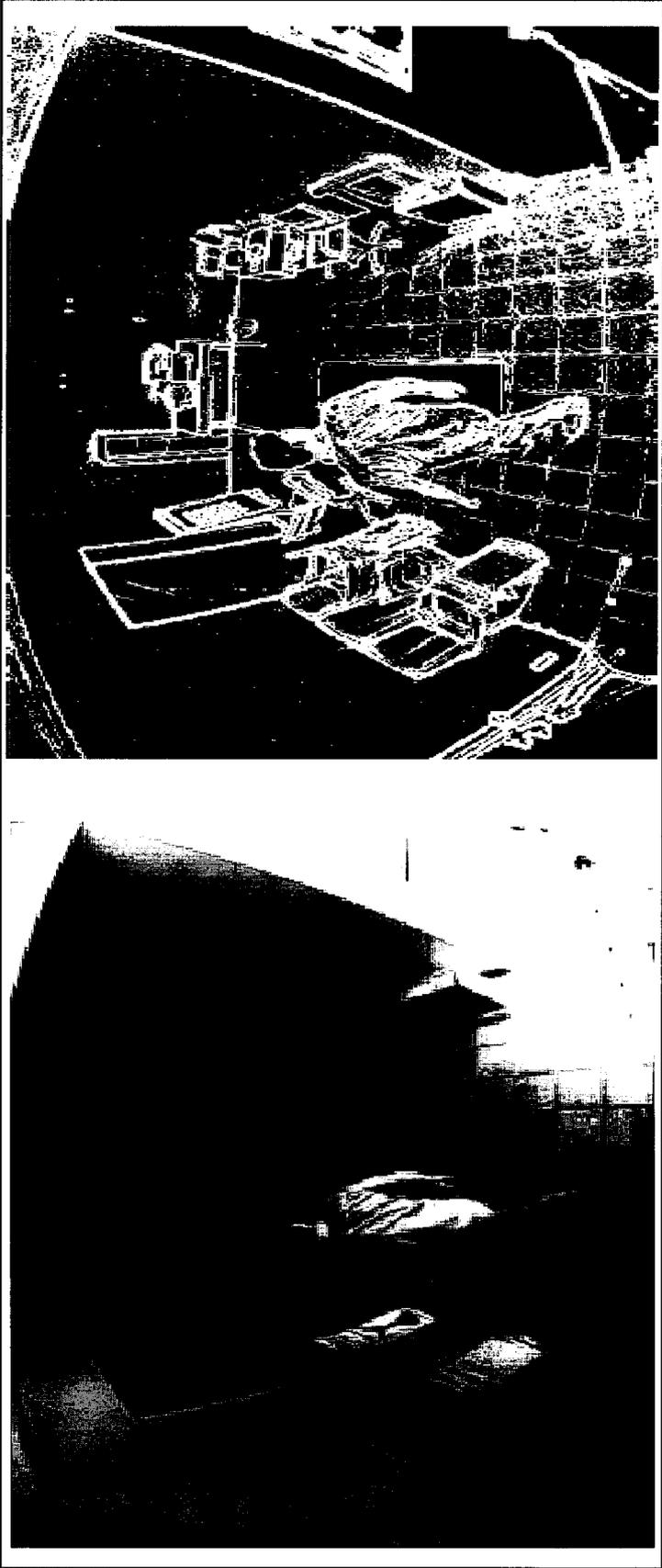


FIG.5

4/10

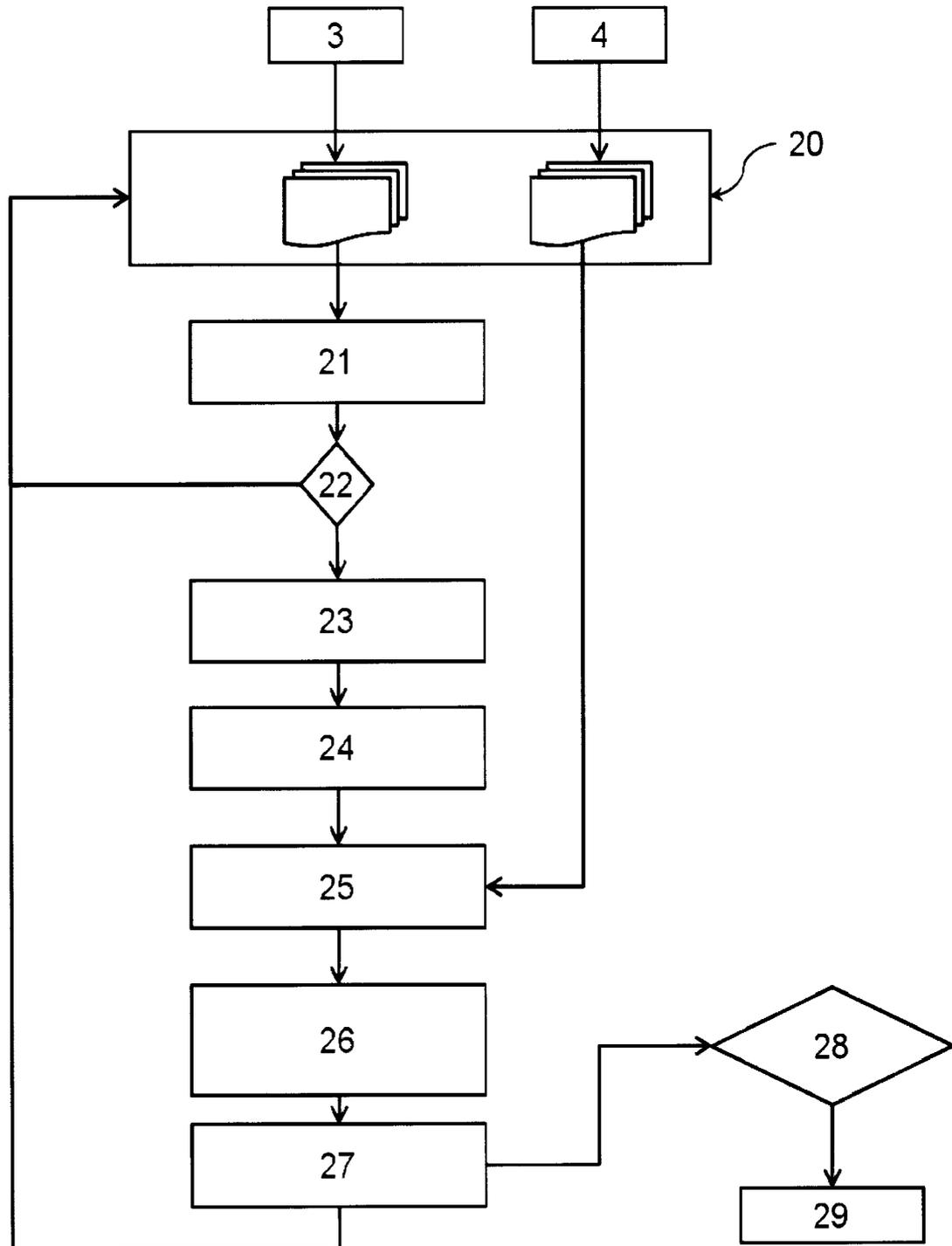


FIG. 4

5/10

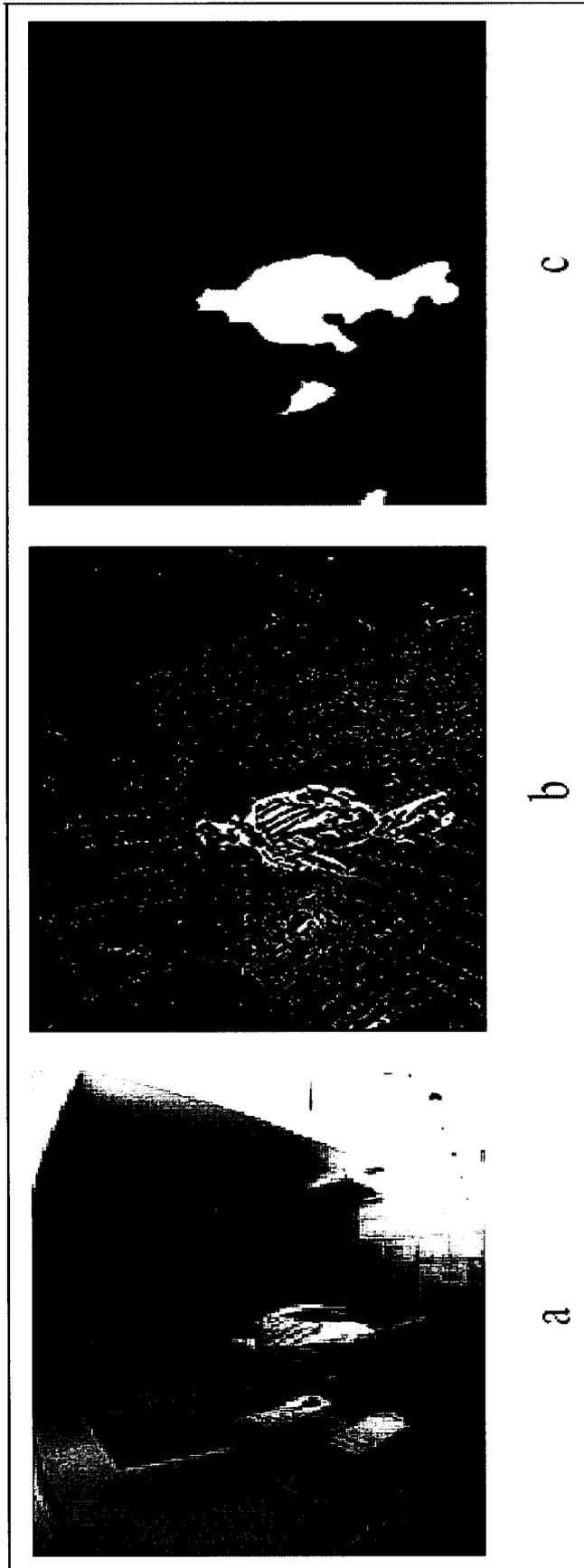


FIG.6

6/10

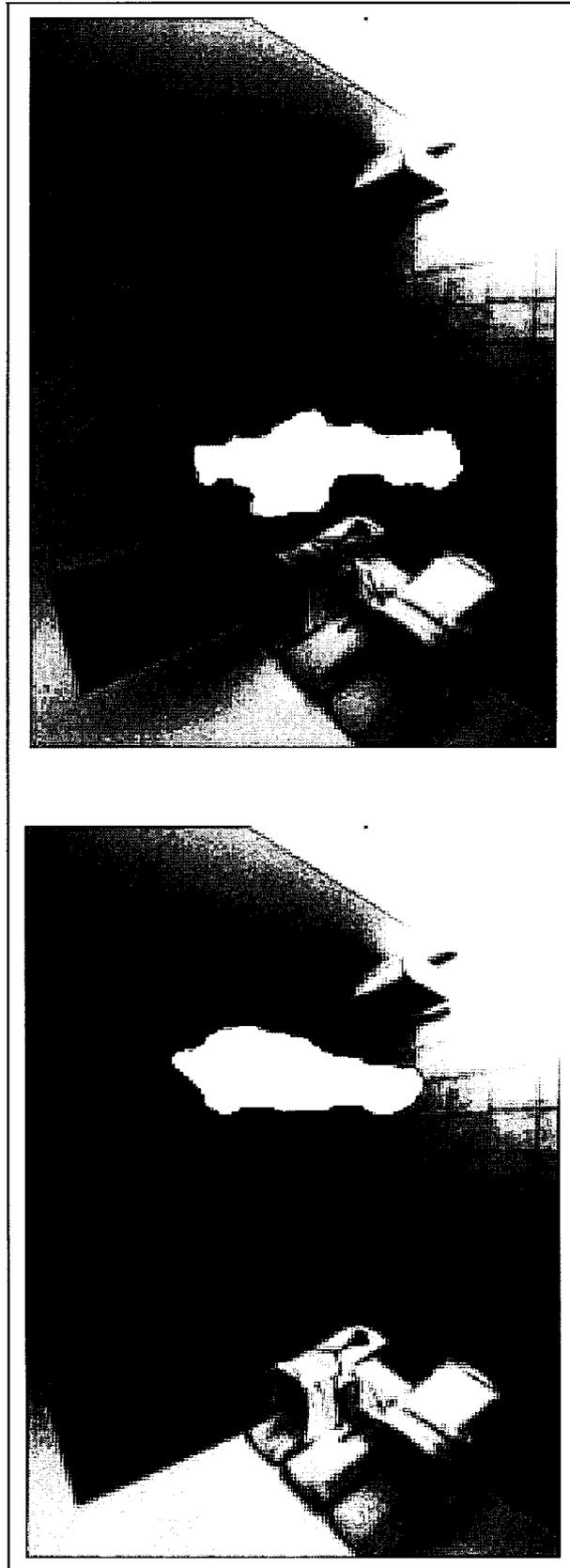


FIG.7

7/10

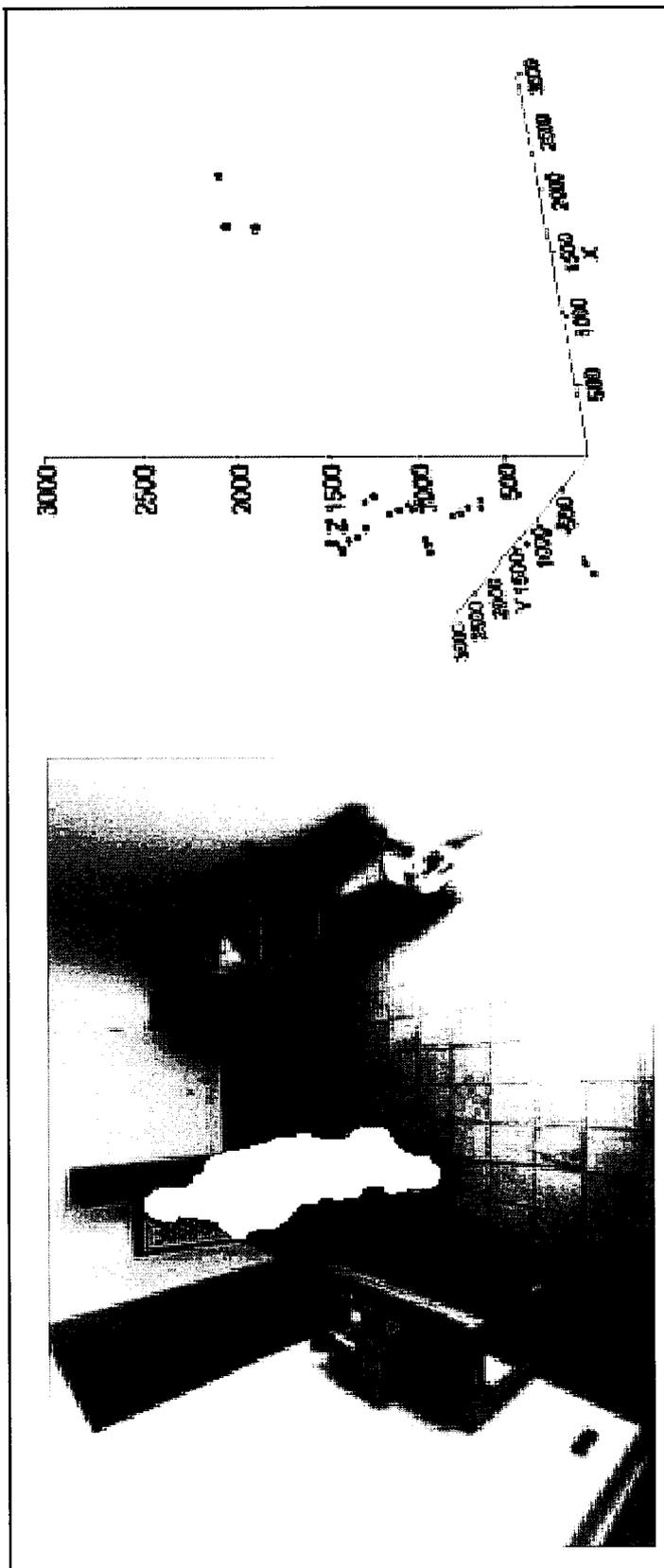


FIG.9

8/10

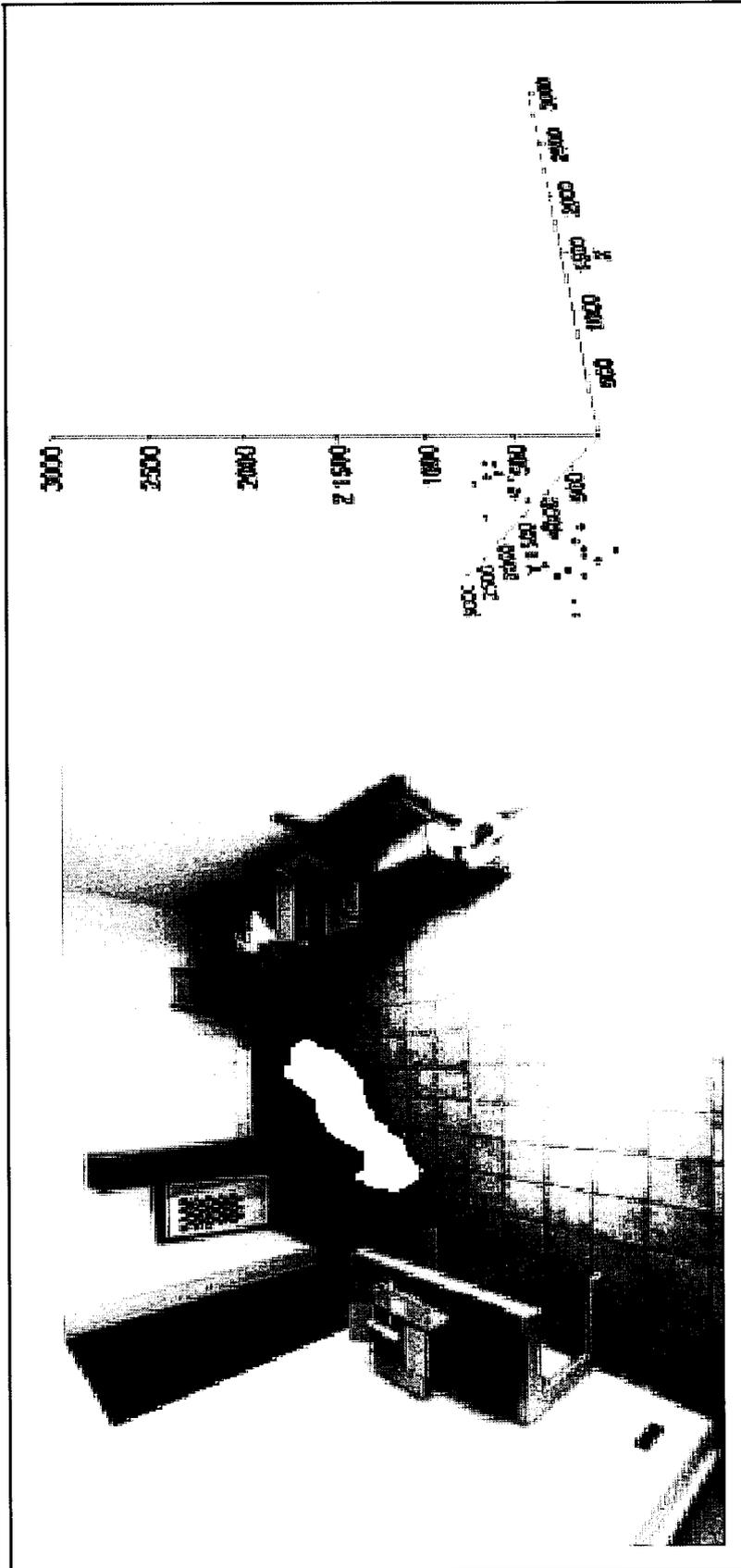


FIG.10

9/10

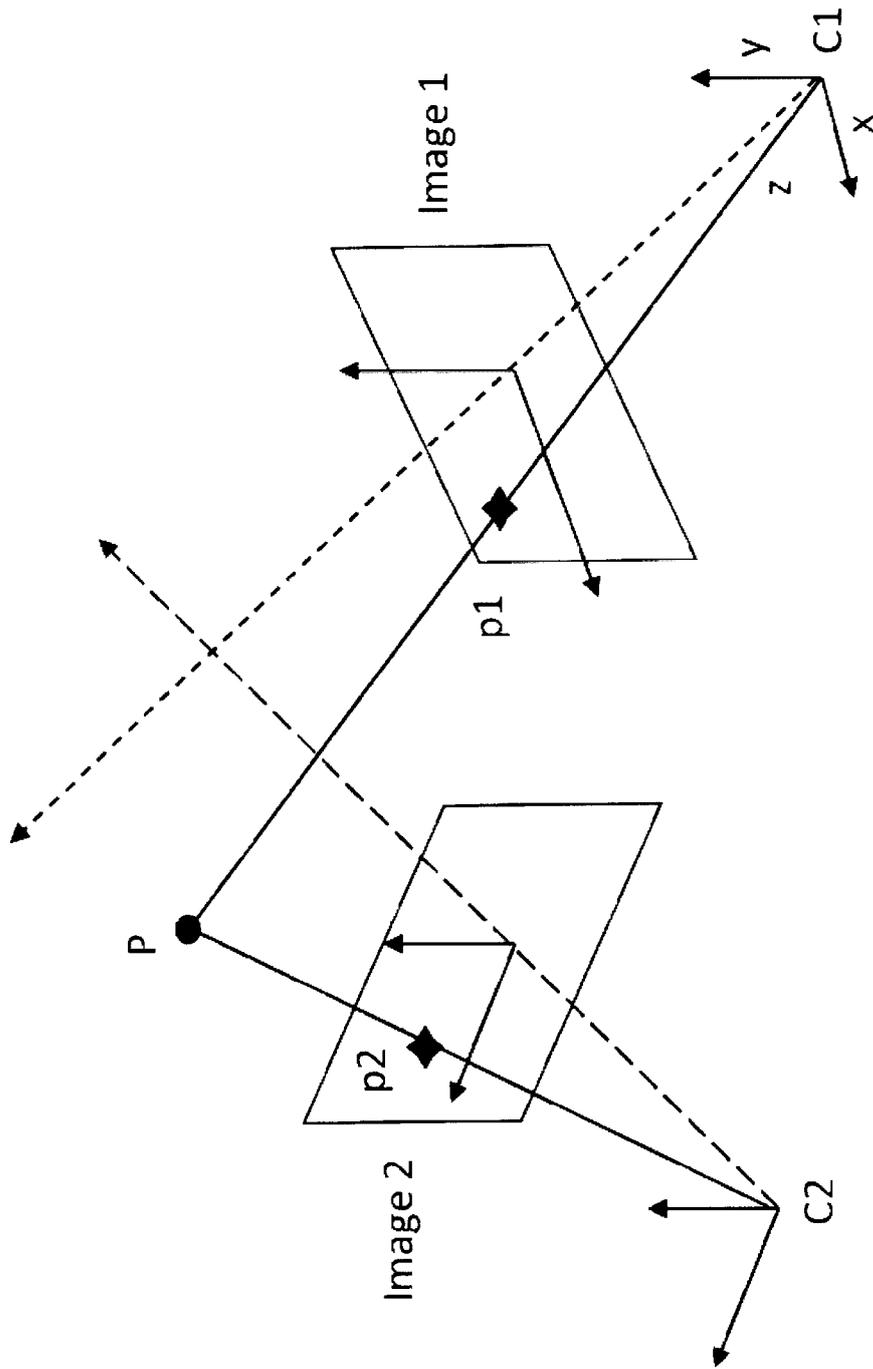


FIG.8

10/10

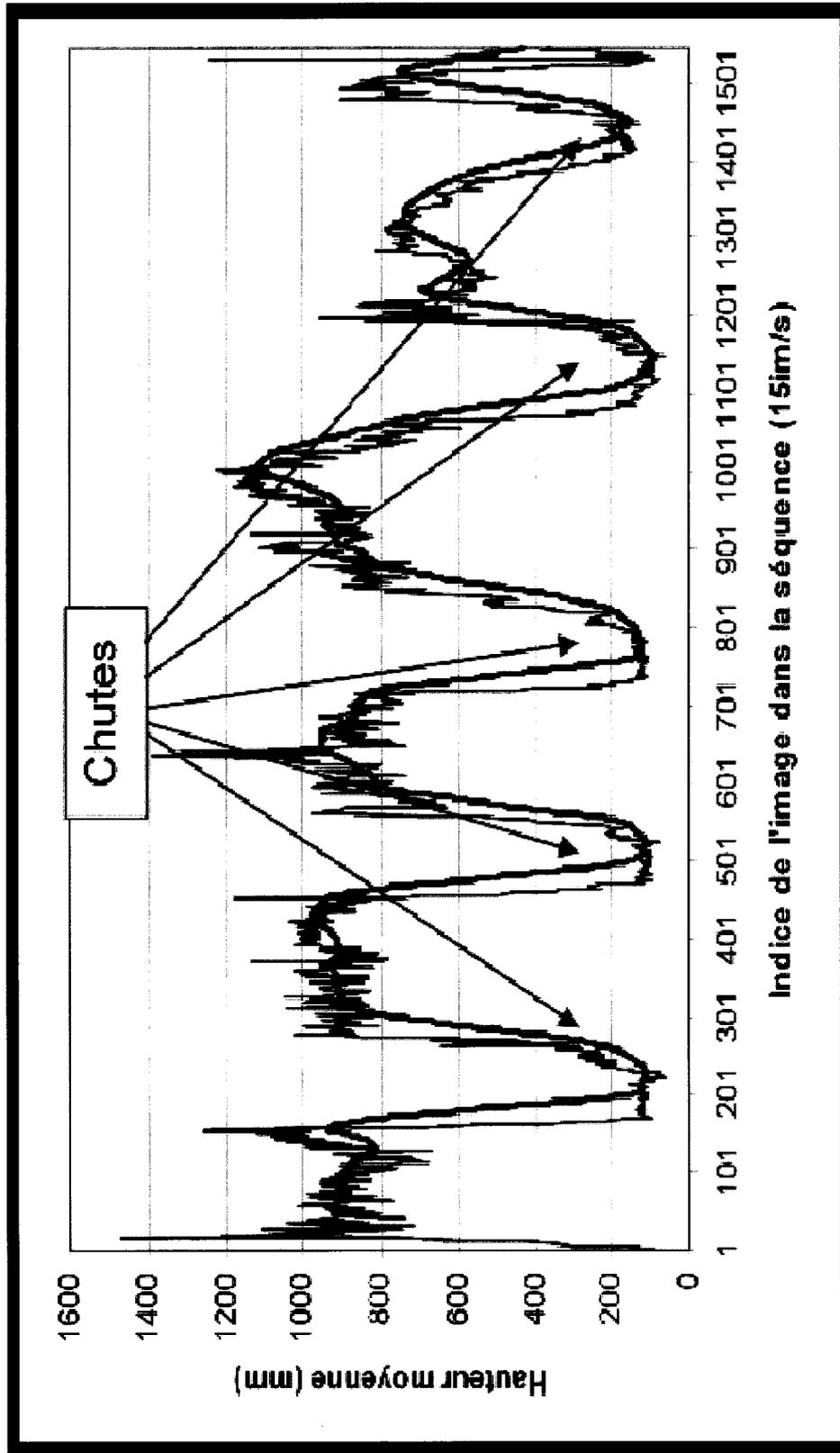


FIG.11

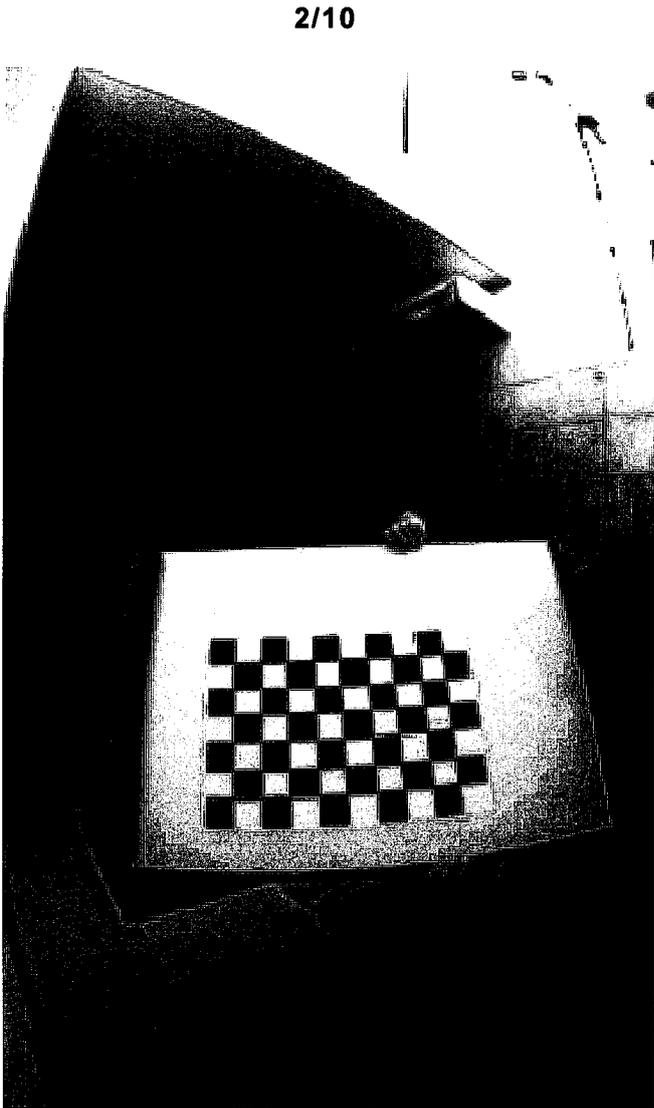


FIG.3

3/10

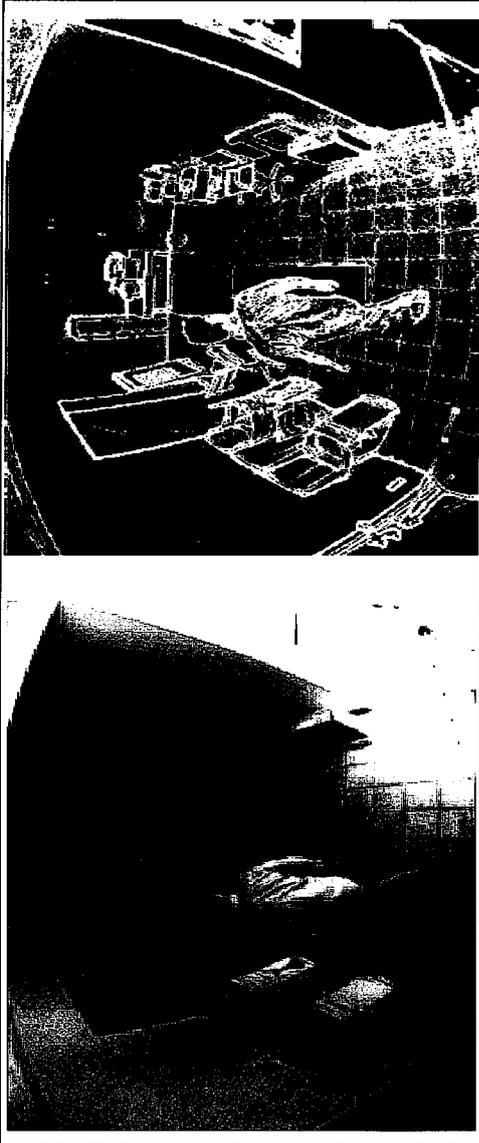


FIG.5

5/10

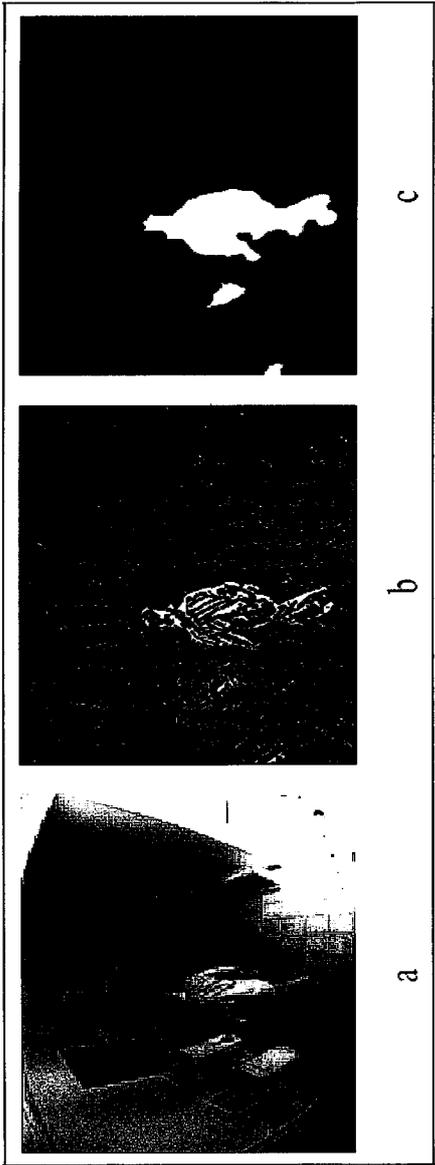


FIG.6

6/10

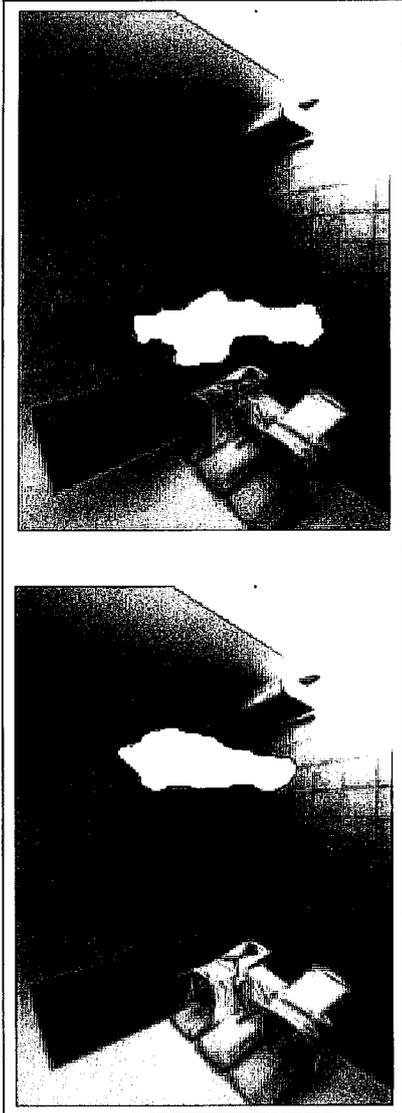


FIG. 7

7/10

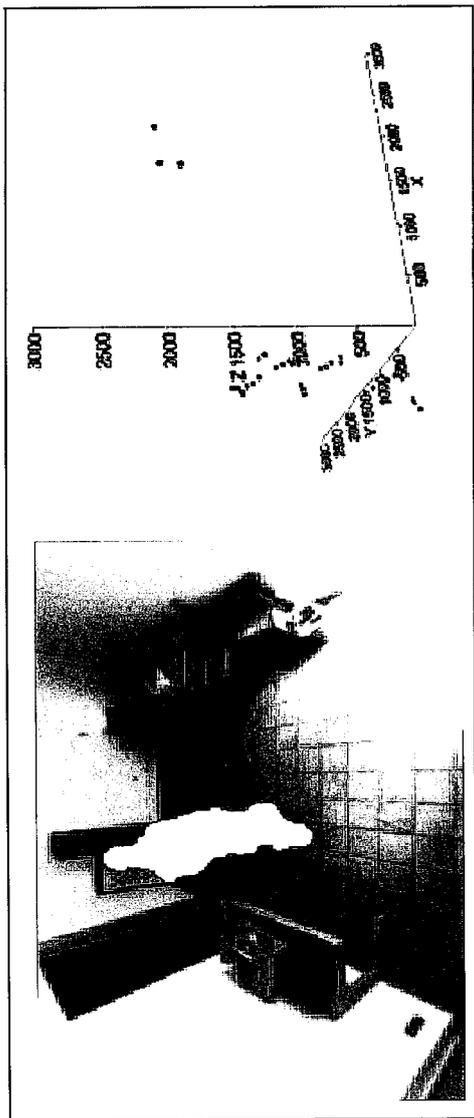


FIG.9

8/10

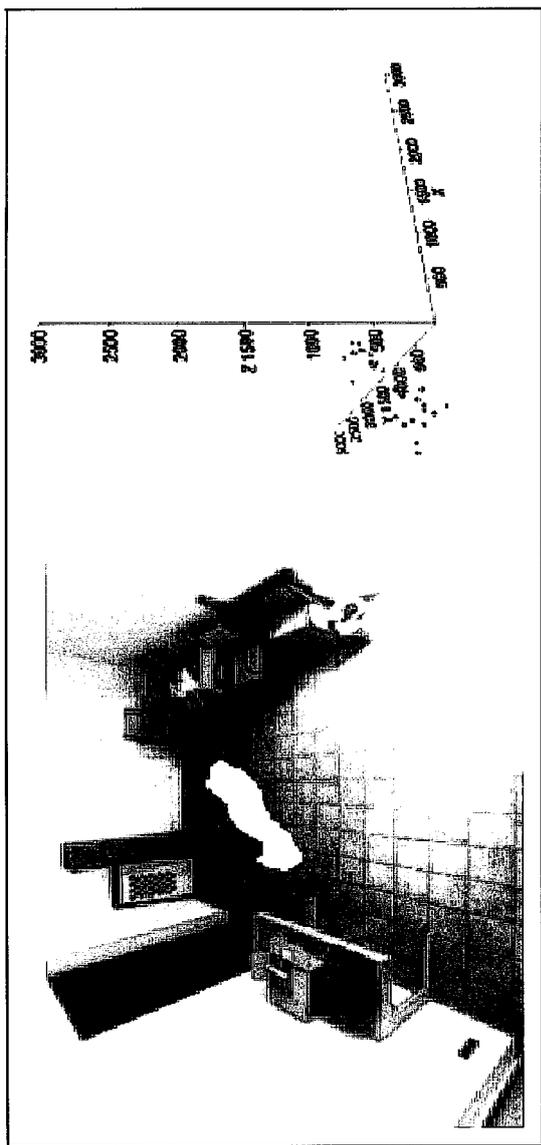


FIG.10



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

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

N° d'enregistrement
national

FA 763295
FR 1162167

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 2002/044682 A1 (WEIL JOSEF OSTER [US] ET AL OSTERWEIL JOSEF [US] ET AL) 18 avril 2002 (2002-04-18) * Alinéas [0049], [0053], [0054], [0058], [0059], [0080], [0081], [0082], [0084], [0086], [0099], [0105]- [0107], [0114], [0145]-[0148] *	1-4, 10-12,17	G08B21/04 H04N5/33
X	DE 10 2009 022555 A1 (ARC AUSTRIAN RES CTENTERS GMBH [AT]) 2 décembre 2010 (2010-12-02) * Alinéas [0023]-[0026], [0035]-[0040]; figures 1,4a,5 *	1,10	
A	FR 2 870 378 A1 (ELECTRICITE DE FRANCE [FR]) 18 novembre 2005 (2005-11-18) * page 3, ligne 8 - ligne 23 * * page 6, ligne 4 - page 7, ligne 19; figures 1-3 *	1,6,10, 14,17	
A	WO 2010/055205 A1 (KORTESALMI REIJO [FI]) 20 mai 2010 (2010-05-20) * page 4, ligne 30 - page 5, ligne 22 * * page 8, ligne 1 - page 9, ligne 5 * * page 16, ligne 27 - page 17, ligne 8 *	1,10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) G08B
A	US 2003/058341 A1 (BRODSKY TOMAS [US] ET AL) 27 mars 2003 (2003-03-27) * Alinéas [0028], [0029], [0036], [0038] *	1,10	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
30 août 2012		Bourdier, Renaud	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date	
autre document de la même catégorie		de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1162167 FA 763295**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **30-08-2012**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2002044682	A1	18-04-2002	AUCUN	

DE 102009022555	A1	02-12-2010	AUCUN	

FR 2870378	A1	18-11-2005	AUCUN	

WO 2010055205	A1	20-05-2010	AUCUN	

US 2003058341	A1	27-03-2003	AUCUN	
