

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

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

2 736 742

21 N° d'enregistrement national : 95 08509

51 Int Cl⁸ : G 06 T 7/20

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 13.07.95.

30 Priorité :

43 Date de la mise à disposition du public de la demande : 17.01.97 Bulletin 97/03.

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) : THOMSON CSF SOCIETE ANONYME — FR.

72 Inventeur(s) : FERRE THIERRY, GLAIS THIERRY et COUDOR PHILIPPE.

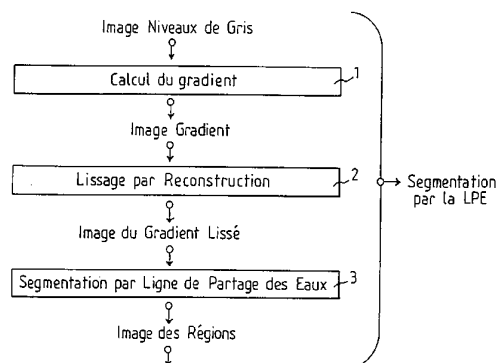
73 Titulaire(s) :

74 Mandataire : THOMSON CSF.

54 PROCEDE DE MESURE DE DEPLACEMENTS DANS UNE SEQUENCE D'IMAGES.

57 Le procédé consiste à segmenter (1, 2, 3) chaque image en régions homogènes en délimitant chaque région par les lignes de crête du relief formé par le gradient de luminosité de chaque point de l'image, et à mesurer le déplacement d'une région entre une image N et une autre image M de la même séquence par déplacement et corrélation dans l'image M d'une fenêtre exinscrite à la région dans l'image N.

Applications: veille optronique.



FR 2 736 742 - A1



L'invention se rapporte au domaine de la vision par ordinateur, et plus particulièrement à la discrimination d'objets mobiles par rapport au fond d'une scène observée en vue de l'acquisition, de la poursuite et de l'identification automatiques de ces objets. Elle trouve son application dans le domaine de la surveillance, de la veille optronique et des dispositifs de conduite automatique de tir.

La détection et l'extraction d'un objet présupposent que celui-ci possède des caractéristiques qui, par mise en oeuvre de critères spécifiques, le distingue du fond de la scène dans laquelle il se trouve.

Ce sont en premier lieu des critères basés sur le contraste qui peuvent être mis en oeuvre parce qu'ils sont plus simples à formaliser et à intégrer dans une électronique temps réel. Dans une image infrarouge l'observation d'une zone brillante sur un fond plus sombre est généralement révélatrice de la présence d'un objet motorisé donc chaud. Toutefois dans certaines conditions d'observation notamment météorologiques, l'imagerie visible, mais aussi l'imagerie infra-rouge ne se prêtent pas toujours à l'emploi de critères aussi rudimentaires. En effet, d'autres structures de la scène peuvent posséder des apparences très voisines de celles des objets d'intérêts et générer des fausses alarmes. Il est possible de compléter et d'affiner les critères de contraste, mais cette voie, outre le fait qu'elle impose la disponibilité d'informations précises sur les cibles, conduit rapidement à une complexité croissante qui risque d'être difficilement maîtrisable à terme.

Par analogie au système visuel humain qui repère rapidement les objets mobiles, une deuxième classe de critères particulièrement robustes et efficaces exploite l'information de mouvement. De façon élémentaire, la comparaison point à point (par différence) de deux images prises à des instants successifs permet la mise en évidence des zones mobiles. Cependant, l'utilisation d'une méthode aussi simple mène aux difficultés suivantes :

- Si la ligne de visée de l'imageur est mobile par rapport au fond, les deux images doivent être recalées préalablement à l'opération de comparaison point à point pour éviter les fausses détections sur des contours de la structure formant le fond. Ce recalage peut être effectué par une simple translation, mais aussi par rotation ou grossissement.

- En fonction de l'amplitude du déplacement de la cible, mais aussi du contraste cible/fond, seule une partie (parfois faible) de la cible peut être détectée ;
- Enfin, si la scène contient plusieurs objets animés de vitesses différentes, plusieurs délais inter-images doivent être appliqués.

Les publications récentes comme celle de la revue THOMSON-CSF n° 1 de Mars 1993 font état de méthodes d'estimation du mouvement en chaque point d'une image reposant sur la mise en correspondance de blocs. Certaines de ces méthodes calculent une fonction d'intercorrélation dans une fenêtre glissante qui occupe successivement toutes les positions à l'intérieur du champ analysé. Pour chaque position de la fenêtre de calcul, la forme de la fonction d'intercorrélation est analysée et la localisation de son minimum donne accès à la valeur du déplacement local. Ce dernier peut être attribué au point central de la fenêtre. Cependant pour des raisons de volume de calculs à effectuer, mais aussi parce que les zones de luminance uniforme sont impropres à la mesure par corrélation, il est généralement fait appel à un schéma multirésolution, c'est-à-dire, à une décomposition pyramidale des images par filtrages ou sous-échantillonnages successifs, l'estimation du mouvement étant réalisée à chaque niveau de la pyramide. Une fois le champ de vitesse calculé, il est possible d'en faire une segmentation pour distinguer les différents objets de la scène, mais cette opération reste relativement compliquée à mettre en oeuvre.

Le but de l'invention est de pallier les inconvénients précités.

A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de mesure des déplacements dans une séquence d'images caractérisé en ce qu'il consiste à segmenter chaque image en régions homogènes en délimitant chaque région par les lignes de crête du relief formé par le gradient de luminance de chaque point de l'image, et à mesurer le déplacement d'une région entre une image N et une autre image M de la même séquence par déplacement et corrélation dans l'image M d'une fenêtre exinscrite à la région dans l'image N.

La segmentation de l'image en régions homogènes permet d'isoler les objets ou parties d'objets qui sont également très faiblement contrastés par rapport au fond.

L'ajustement de la fenêtre de corrélation à la taille de la région permet de ne prendre en compte que les pixels appartenant soit à une zone de l'objet en mouvement, soit à un élément de fond. Ainsi la mesure du déplacement d'une partie d'un objet ou de sa totalité, n'est pas perturbée par
5 les éléments du fond et permet une estimation plus précise de celui-ci.

L'invention a principalement pour avantages qu'elle permet :

- une réduction des volumes de calcul pour la mesure des déplacements élémentaires ; le calcul d'une fonction de corrélation étant répété autant de fois qu'il y a de régions dans l'image.
- 10 - un contournement des problèmes posés par le traitement des zones uniformes car les bords de régions participent obligatoirement à la mesure du déplacement,
- et une mise en oeuvre coopérante des critères de contraste et de mouvement.

15 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à l'aide de la description qui suit faite en regard des dessins annexés qui représentent :

La figure 1 une illustration du procédé de segmentation de l'image en régions selon l'invention.

20 Les figures 2a, 2b et 2c des graphes illustrant le procédé de lissage mis en oeuvre dans l'invention.

Les figures 3a à 3d des graphes illustrant le procédé de segmentation en régions selon l'invention.

25 La figure 4 un organigramme illustrant le procédé de mesure du déplacement des régions de l'image selon l'invention.

La figure 5 un organigramme illustrant le procédé de segmentation dynamique selon l'invention.

La figure 6 une illustration du procédé de mesure de déplacement d'une région d'image par corrélation d'une fenêtre selon l'invention.

30 Le procédé de mesure des déplacements dans une séquence d'images se déroule selon l'invention en trois étapes, une première étape de segmentation statique de l'image en régions, une deuxième étape de mesure du déplacement dans l'image de chaque région et une troisième étape dite de segmentation dynamique de l'image.

La segmentation statique de l' image en régions partitionne chaque image selon des ensembles de points formant des régions homogènes pour une ou plusieurs de leurs caractéristiques telles que l'intensité lumineuse, la texture etc. Ainsi avec ce processus deux régions voisines apparaissent
5 distinctes lorsqu'elles diffèrent par une au moins de leurs caractéristiques.

Le but est de décomposer un objet mobile par rapport au fond de l'image en une ou plusieurs régions. Le procédé de segmentation statique de l'image en région se déroule de la façon représentée à la figure 1 suivant trois étapes consistant, dans une étape 1, à calculer le module du gradient
10 de l'image analysée, dans une étape 2, à lisser l'image du module de gradient obtenue, et dans une étape 3, à appliquer un opérateur de morphologie dit de partage des eaux pour repérer les lignes de crêtes présentes dans l'image du module de gradient définie à la première étape.

Le calcul de l'image du module de gradient de l'étape 1 est effectué
15 de façon connue en utilisant plusieurs filtres dérivateurs.

A titre d'exemple, ce calcul peut avoir lieu en utilisant un filtre récursif à réponse impulsionnelle infinie de type Canny-Deriche pour la qualité du résultat obtenu de préférence, à un filtre à réponse impulsionnelle finie de type Sobel par exemple.

20 Comme le filtre de Canny-Deriche ne permet la détection de contours que dans une direction de l'image, il est nécessaire d'appliquer son filtrage à la fois selon les directions horizontales et verticales de celle-ci.

Or comme l'application d'un filtre de ce type dans une direction horizontale ou verticale de l'image introduit des discontinuités artificielles
25 dans l'autre direction, il est nécessaire d'effectuer un lissage dans la direction qui lui est orthogonale.

Ce lissage est réalisé en utilisant un filtre exponentiel du deuxième degré dont la bande passante est réglée en agissant sur le terme exponentiel "alpha" de sa fonction de transfert. Plus "alpha" est grand
30 (supérieur à 1) plus les détails seront apparents. A contrario plus alpha est petit et plus les contours sont lissés.

Un algorithme de lissage pouvant être mis en oeuvre est fourni en Annexe 1.

Une fois l'opération de lissage effectuée le calcul du module du gradient sur tous les points de l'image lissée est alors exécuté selon l'algorithme de dérivation fourni en annexe 2.

Le lissage par reconstruction géodésique qui est effectué à l'étape 2
 5 vise à réduire l'influence du bruit dans l'image en lissant les petites aspérités du module de gradient. Ce lissage est effectué de la manière représentée aux figures 2a à 2c par une opération de morphologie mathématique appliquée sur le relief de l'image du module de gradient. Dans son principe, cette opération consiste à construire une image f en soustrayant à l'image
 10 originale g du module du gradient une valeur constante relativement faible. Le relief qui en résulte et qui est obtenu par érosion successive sert alors de masque pour la reconstruction de l'image original. Ainsi la reconstruction de l'image apparaît comme la limite de la récurrence suivante :

$$R_0 = g$$

$$15 \quad R_{n+1} = \sup((R_n \sim H), f)$$

où $R_n \sim H$ désigne l'érodé de R_n de l'élément structurant H .

A titre d'exemple sur la figure 2a, il a été représenté une courbe du gradient g d'un signal d'image monodimensionnel suivant laquelle des maximum d'amplitude de niveau de gris délimitent 8 régions R_1 à R_8 . Sur la
 20 figure 2b, la courbe f est obtenue de la courbe g en soustrayant un niveau constant de gris à la courbe g . La limite de la récurrence R_n se confond alors avec le relief de la courbe f excepté dans les vallées qui sont considérées comme inondées par analogie à l'hydrographie en formant des lacs, et la profondeur de ces lacs correspond à la constante de lissage. Le
 25 résultat apparaît sur la figure 2c qui représente la courbe du gradient g lissée, et qui montre que les régions initiales R_1 à R_8 ont été réduites en seulement 5 régions R'_1 à R'_5 avec les correspondances suivantes :

$$R'_1 \Leftrightarrow R_1$$

$$R'_2 \Leftrightarrow R_2 + R_3$$

$$30 \quad R'_3 \Leftrightarrow R_4 + R_5$$

$$R'_4 \Leftrightarrow R_6$$

$$R'_5 \Leftrightarrow R_7 + R_8$$

Un algorithme permettant d'obtenir ce résultat est fourni en annexe

3.

L'opération de segmentation en régions par ligne de partage des eaux qui est effectuée à l'étape 3 a pour but de rechercher les lignes de crête de l'image module du gradient pour permettre d'affecter une même étiquette à tous les pixels d'une même région entourée par une ligne de crête. L'ensemble des lignes de crête ainsi obtenu forme alors un réseau
5 entièrement connecté, qui peut être appelé par analogie à l'hydrographie "ligne de partage des eaux". En poursuivant cette analogie chaque "bassin versant" du réseau constitue alors une région de valeur de luminance homogène formée de pixels possédant des valeurs de luminance voisines.

10 Le principe de l'algorithme mis en oeuvre est illustré aux figures 3a à 3d, où il est considéré une coupe du relief d'une image 3D. Suivant le modèle représenté on considère que chaque vallée du relief est en communication avec de l'eau dont le niveau augmente progressivement. Chaque fois que l'eau menace de franchir la limite d'un bassin versant, il est
15 construit une digue pour séparer les bassins, et l'opération prend fin quand le niveau d'eau a atteint le point culminant du relief. Ce processus est résumé aux figures 3a à 3d en considérant une évolution du niveau de l'eau suivant 4 instants différents t , $t+1$, $t+2$ et $t+3$.

A l'instant t , figure 4a, l'eau menace de franchir la limite des bassins
20 bV_2 et bV_3 .

A l'instant suivant $t+1$, figure 4b, une digue d_1 est élevée pour séparer les 2 bassins bV_2 et bV_3 .

A l'instant $t+2$ figure 4c, une deuxième digue d_2 est élevée pour séparer les 2 bassins bV_1 et bV_2 et à l'instant $t+3$, figure 6d, le niveau d'eau
25 a atteint le point culminant du relief, et sépare ainsi le relief en 4 bassins ou 4 régions. Naturellement les digues ainsi obtenues correspondent aux contours des régions segmentées.

Un algorithme pour la mise en oeuvre de ce procédé est fourni en annexe 4. Cet algorithme se décompose en deux étapes, une étape de tri et
30 une étape d'inondation.

L'étape de tri consiste à trier les pixels par ordre de niveaux de gris croissant par le calcul d'un histogramme cumulé.

L'étape d'inondation consiste à parcourir les pixels par ordre de niveaux de gris croissant et à affecter à chaque pixel un label de région de
35 l'un de ses voisins déjà exploré. Cela permet d'obtenir une croissance de

région à partir des minima locaux. Les frontières de ces zones constituent les lignes de crête du gradient qui représentent les contours de régions.

Lorsque l'opération de segmentation de l'image en régions est terminée, l'étape suivante du procédé consiste à mesurer le déplacement de
5 chaque région entre une image N dite de référence et une autre image M de la même séquence, mais retardée de quelques images. Pour cela la segmentation en région de l'étape précédente est appliquée à l'image N. Une approche possible pour mesurer le déplacement d'une région peut par exemple consister, à définir dans l'image en niveaux de gris N un rectangle
10 contenant entièrement la région (rectangle exinscrit augmenté d'une marge de quelques points), à effectuer comme montré sur la figure 6 la corrélation de ce rectangle dans l'image M et à rechercher la position du maximum de corrélation, ce dernier définissant le déplacement de la région.

Le processus de recherche du déplacement correspondant est
15 illustré par les étapes référencées de 4 à 8 sur la figure 5. Il consiste après l'étape 4 de segmentation en régions de l'image N à définir aux étapes 5 et 6 une fenêtre exinscrite dans chaque région R de l'image N, puis à corréliser à l'étape 7 cette fenêtre avec l'image M afin d'obtenir une nappe de corrélation. Le maximum de déplacement de chaque région R est celui qui
20 correspond au maximum de corrélation.

Un algorithme de recherche correspondant est fourni en annexe .

Une fois le vecteur déplacement calculé pour chaque région, le procédé effectue une segmentation dynamique de l'image en recherchant les classes de mouvement. Ceci peut s'effectuer par exemple par un
25 regroupement des mesures de déplacement placées dans une table d'accumulation. Cette analyse permet d'effectuer un regroupement des différentes parties constituant l'objet observé et de réaliser sa discrimination par rapport au fond de l'image. Une mise en oeuvre d'un procédé de segmentation dynamique utilisant une table d'accumulation est figuré par les
30 étapes 9 à 11 de l'organigramme de la figure 5. L'étape 9 consiste à construire la table d'accumulation des déplacements à partir de la liste des régions et de leur déplacement fournis par le processus de mesure du déplacement des régions. Cette étape est suivie à l'étape 10 par une recherche des modes de déplacement dans la table d'accumulation et par
35 un calcul d'attributs afin d'effectuer à l'étape 11 une classification des objets

mobiles et de leur région par rapport au fond. La classification des régions a lieu en utilisant des règles de connaissances à priori concernant par exemple la taille des mobiles par rapport au fond, ou encore leur position dans l'image.

ANNEXESAnnexe 1Algorithme de lissage.

• Lissage en x

- 5 • Image d'entrée I flottante, image de sortie Jx flottante
- Image de travail T flottante
- Les coordonnées varient entre 1 et n inclus
- $k := (1.0 - \exp(-\alpha)) * (1.0 - \exp(-\alpha)) ;$
 - $k / = 1.0 + 2.0 * \alpha * \exp(-\alpha) - \exp(-2.0 * \alpha) ;$
 - 10 $b1 = 2.0 * \exp(-\alpha) ;$
 - $b2 = \exp(-2.0 * \alpha) ;$
 - $a5 = k ;$
 - $a6 = k * \exp(-\alpha) * (\alpha - 1) ;$
 - $a7 = k * \exp(-\alpha) * (\alpha + 1) ;$
 - 15 $a8 : -k * \exp(-2.0 * \alpha) ;$
 - Pour j parcourant toutes lignes {
 - $T(1,j) = (a5 + a6) * I(1,j) + ((b1 + b2) * (a5 + a6) / (1 - b1 - b2)) * I(1,j) ;$
 - $T(2,j) = a5 * I(2,j) + a6 * I(1,j) + I(1,j) ;$
 - $\quad + (b2 * (a5 + a6) / (1 - b1 - b2)) * I(1,j) ;$
 - 20 - Pour i parcourant toutes les colonnes sauf les deux premières {
 - $T(i,j) = a5 * I(i,j) + a6 * I(i-1,j) + b1 * T(i-1,j) + b2 * T(i-2,j) ;$
 - }
 - }
 - Pour j parcourant toutes les lignes {
 - 25 $Jx(n,j) = (a7 + a8) * I(n,j) + ((b1 + b2) * (a7 + a8) / (1 - b1 - b2)) * I(n,j) ;$
 - $Jx(n-1,j) = (a7 + a8) * I(n,j) + b1 * T(n,j) ;$
 - $\quad + (b2 * (a7 + a8) / (1 - b1 - b2)) * I(n-1,j) ;$
 - Pour i parcourant toutes les colonnes par ordre décroissant sauf
 - les deux dernières {
 - 30 $Jx(i,j) = a7 * I(i+1,j) + a8 * I(i+2,j) + b1 * Jx(i+1,j) + b2 * Jx(i+2,j) ;$
 - }
 - }
 - Pour j parcourant toutes les lignes {
 - $Jx(n,j) = (a7 + a8) * I(n,j) + ((b1 + b2) * (a7 + a8) / (1 - b1 - b2)) * I(n,j) ;$
 - 35 $Jx(n-1,j) = (a7 + a8) * I(n,j) + b1 * T(n,j)$

$+(b2*(a7 + a8)/(1-b1-b2)) * I(n1,j) ;$

- Pour i parcourant toutes les colonnes par ordre décroissant
sauf les deux dernières {

$Jx(i,,j)=a7*I(i+1,,j)+ a8 * I(i+2,,j) + b1 * Jx(i+1,,j) + b2 * Jx(i+2,,j) :$

5 }

}

- Pour tous les points de l'image, faire

$Jx(i,j) = Jx(i,j) + T(i,j) ;$

. Le lissage en y est le même qu'en x, en inversant i et j.

10 Dans cet algorithme I(i,j) désigne la luminance du point de
l'image situé au croisement de la colonne J et de la ligne i.

Annexe 2 :

Calcul du module du gradient

- Dérivation en x

15 • Image d'entrée I flottante, image de sortie Jx flottante

- Image de travail T flottante
- Les coordonnées varient entre 1 et n inclus

- b1 = $2.0*\exp(-\alpha) :$

b2 = $-\exp(-2.0*\alpha) :$

20 c1 = $-(1.0 - \exp(-\alpha))*(1.0 - \exp(-\alpha)) ;$

- Pour j parcourant toutes les lignes {

$T(1,,j) = I(1,,j) + ((b1 + b2)/(1-b1-b2)) * I(1,,j) :$

$T(2,,j) = I(1,,j) + b1 * T(1,,j) + (b2/(1 -b1-b2)) * I(1,,j) :$

- Pour i parcourant toutes les colonnes sauf les deux premières {

25 $T(i,,j) = I(i=1,,j) + b1 * T(i-1,,j) + b2 * T(i-2,,j) :$

}

}

- Pour j parcourant toutes les lignes {

$Jx(n,j) = -I(n,j) - ((b1 + b2)/(1-b1 - b2)) * I(n,j) :$

30 $Jx(n-1,j) = - I(n,j) + b1 * Jx(n,j) - (b2/(1-b1-b2))*I(n-1,,j) ;$

- pour i parcourant toutes les colonnes par ordre décroissant sauf
les deux dernières {

$Jx(i,j) = -I(i+1,,j) + b1 * Jx(i+1,,j) + b2 * Jx(i+2,,j) :$

}

35 }

- Pour tous les points de l'image, faire

$$Jx(i,j) = c1 * (Jx(i,j) + T(i,j)) ;$$

- La dérivation en y est la même qu'en x, en inversant i et j.

Annexe 3

5 Algorithme de lissage du module du gradient.

- Entrée :

I, image numérique à éroder ;

J, image conditionnante ;

/*L'érosion est calculée directement dans I */

10 /* En dehors de I, les pixels ont la valeur mode */

- Sortie :

I image numérique érodée .

Faire indéfiniment {

Parcourir D1 en sens vidéo {

15 Soit p le pixel courant ;

$$I(p) \leftarrow \min\{I(p), I(p+u_1), I(p+u_2), I(p+u_3)\};$$

$$I(p) \leftarrow \max\{J(p), I(p)$$

}

Si I n'a pas été modifiée, exit

20 Parcourir D₁ en sens vidéo inverse {

Soit p le pixel courant ;

$$I(p) \leftarrow \min\{I(p), I(p+u_4), I(p+u_5), I(p+u_0)\};$$

$$I(p) \leftarrow \max\{J(p), I(p)\} ;$$

}

25 Si i n'a pas été modifiée, exit

}

Notation : D1 représente l' ensemble des pixels de l'image I. u₀ à u₅ les décalages dans l'image des pixels voisins du pixel p.

Annexe 4.

30 Etape de tri.

- - Entrée : I, Image numérique ;

- Sortie : HC, histogramme cumulé ;

It, tableau trié (pointeur de) de pixels défini sur D(I) :

- Initialisations :

35 - hmin, hmax : extrema de gris dans I ;

```

- Hi : tableau à valeurs entières indexées sur [hmin,hma] ;
- Quel que soit h appartenant à [hmin,hmax], Hi[h] ← 0 ;
- HC, [hmin] ← 0 ;
• Pour tout pixel p ∈ D(I) {           /*Histogramme */
5   Hi[I(p)] ← Hi [ I(p) ] + 1 ;
   }
• Pour h = hmin + 1 à hmax {           /*Histogramme cumulé */
   HC[h] ← HC[h-1] + H [h-1] ;
   }
10 • Pour tout pixel p ∈ D (I) {           /* Tri proprement dit */
   It (HC[ I(p) ]) ← pointeur vers p out ;
                                       /*Mise à jour de
                                       l'histogramme cumulé:*/ ;
   HC[ I(p) ] ← HC [ I(p) ] + 1 ;
15   Notation : D[I] : Ensemble des pixels de l'image I
              D[J] : Ensemble des pixels de l'image J
              N[i] : Ensemble des pixels de la zone géodésique
                    associé au point i (ensemble des points voisins)

20 Etape d'inondation.
# define MASK    -2    /*valeur initiale affectée à chaque niveau */
# define WSHED   0    /*valeur finale des pixels de la LPE*/
# define INIT     -1   /*valeur initiale des pixels de j*/
# define INQUEUE -3   /*valeur d'un pixel lors de son insertion dans la
25                          file /*
• - Entrée : I, image numérique ;
  - Sortie : J, image des bassins versants étiquetés ;
              LABELS : 1,2,3, etc. Les pixels de contour sont mis à
                              WSHED=0

30 • Initialisation :
    - ∀ p ∈ D(j), j(p) = INIT ;
    - label _courant = 0 ;
    - flag : variable booléenne ;
• Tri des pixels de I par ordre croissant de niveau de gris.
35   Soit hmin et hmax les valeurs extrémales de I ;

```

```

• Pour h = hmin à hmax {
    /* SKIZ géodésique du niveau
    h-1 dans le niveau h*/
    - Pour tout pixel p tel que l (p) ) h {
5      /* Sélectionner ces pixels*/
      J(p) = MASK ;
          /*Si il existe au moins un voisin de p
          qui a déjà été traité */
      Si il existe p' ∈ N (p) tel que J (p')>0 ou J (p') = WSHED
10     {
          /* Mettre p dans la file d'attente*/
          J(p) = INQUEUE ; fifo_add (p)
      }
    }
15     /*Tant que la file d'attente n'est pas vide faire */
    - Tant que fifo_empty()!=faux
      {
      p←fifo_first() ;          /*prise du premier élément de la file
                                d'attente
20     Pour tout pixel p'∈ N (p) {
          Si J (p')>0 {          /*p' appartient à un bassin déjà étiqueté */
            Si(J(p)=INQUEUE ou (J(p)=WSHED et flag = vrai))
              /*il appartient à la même zone */
              J(p)=J(p') ;
25          sinon si (J(p)>0 et J(p)≠J(p')){ /*C'est un point de contour*/
              J(p)=WSHED ; flag = faux ;
            }
          }
          Sinon si (J(p') = WSHED {
30          Si J (p) = INQUEUE { /*C'est en principe un point de contour*/
              J(p)=WSHED ; FLAG = vrai ;
            }
          }
          Sinon si J(p')=MASK {   /*point pas encore traiter*/
35          J(p')=INQUEUE ; fifo-add(p') ;

```

```

    }
  }
}

/* De nouveau minima sont-ils apparus*/
5 - Pour tout pixel p tel que l(p) = h {
    Si J(p)= MASK {
        label_courant=label_courant + 1 ;
        fifo_add (p)          /*prise du premier élément de la pile */
        J(p)←label_courant ;  /*L'affecter au nouveau label */
10          /*affecter à tous ces voisins non traite
                le même label*/

        Tant que fifo_empty()!=faux {
            p'=fifo_first() ;
            Pour tout pixel p'' ∈N(p') {
15          Si J(p'')=MASK{ fifo_add(p'');J(p'')=labe_courant; {
                }
            }
        }
    }
20 }

```

Nota : LPE = ligne de partage des eaux

N(p) = image courante

SKIZ= squelette des zones d'influence de régions formant les lignes frontières.

25 Annexe 5.

Recherche du déplacement.

- - Entrée : N = Image courante,
 S = Image N segmentée,
 lreg = liste des régions de S,
- 30 M = image antérieure (exemple image N-1),
- - Sortie : lreg = liste des régions avec le champ déplacé
 renseigné.
- Pour toute région reg de reg {
 ⇒. rechercher la fenêtre exinscrite de
35 reg/Entrée=S,reg/Sortie=fen(position,taille)

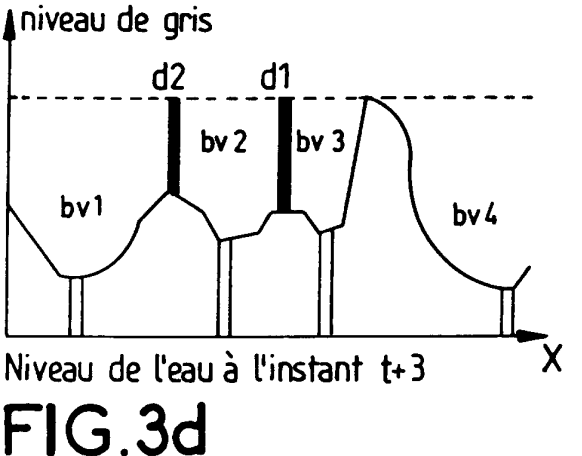
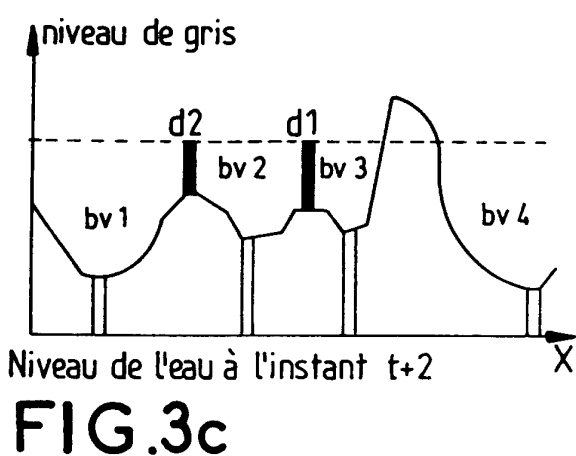
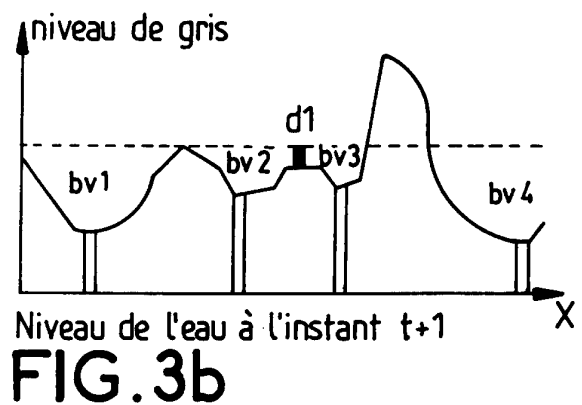
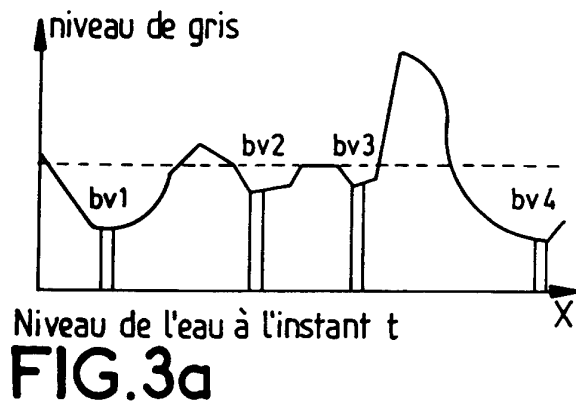
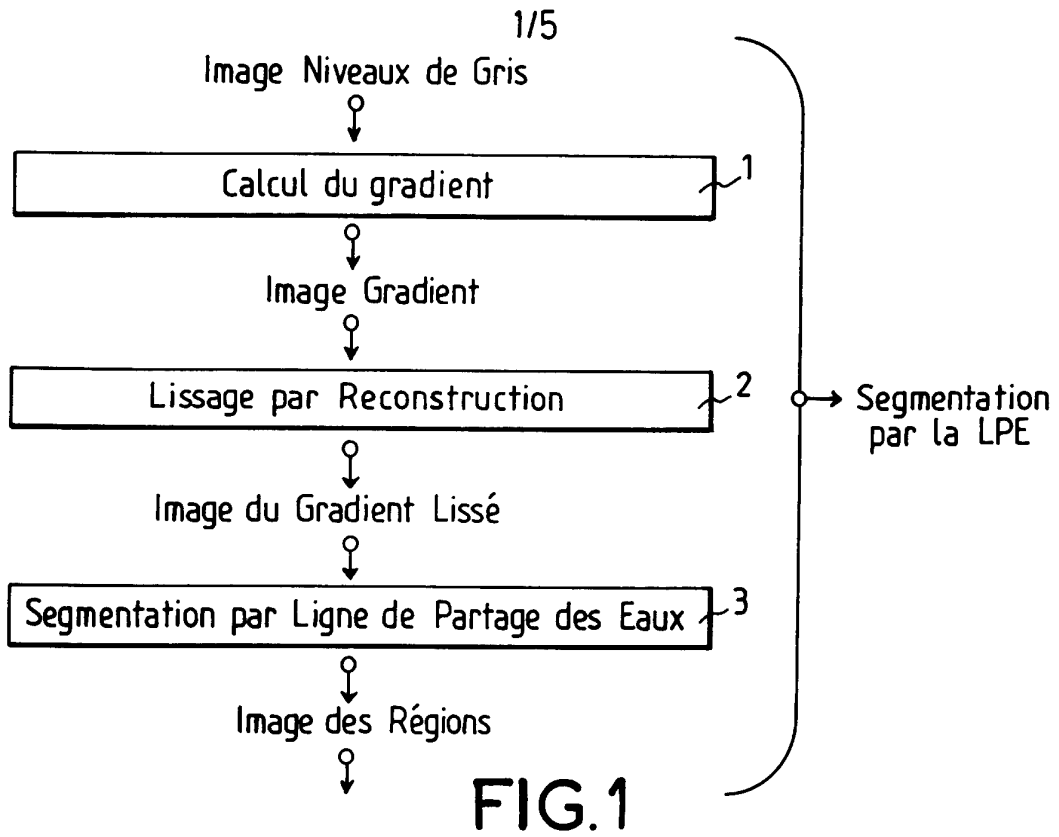
```

    ➔. effectuer la corrélation de  $D[N, fen]$  avec l'image M :
        -Entrée=fen,N,M
        -Sortie = Nap
        - Pour tout déplacement  $dep=dx,dy \in D[c]$  {
5          * Pour tout pixel  $p(x,y) \in D[N, fen]$  {
            . soit  $p'$  le pixel de même position  $\in D[M, fen+dep]$ 
            .  $corr = corr + abs( N(p) - M(p'))$ 
          }
        *Nap[dep] = corr
10    }
    ➔. le déplacement de la région reg correspond à la position du minimum de
    la nappe de corrélation puisque la métrique choisie ici est la valeur absolue
    des différences.
    }
15  Notation
    D[N]   : ensemble des pixels de l'image N
    D[M]   : ensemble des pixels de l'image M
    reg    : une région de l'image S
    fen    : la fenêtre exinscrite à reg définie par une position et une taille
20  Nap    : nappe de corrélation (tableau bi-dimensionnel)
    Nap(dep) : valeur de corrélation pour un déplacement  $dep=(dx,dy)$ 
    D[C]   : domaine de corrélation=tout déplacement bidimensionnel compris
            entre 2 excursions horizontales (-Hx,+Hx) et verticales (-Vx,+Vy)
    D[N,fen] : ensemble des pixels de l'image N appartenant à la fenêtre fen
25  D[N,fen+dep] : ensemble des pixels de l'image M appartenant à la fenêtre
            fen translaturée du déplacement dep.

```

REVENDEICATIONS

1. Procédé de mesure de déplacements dans une séquence d'images caractérisé en ce qu'il consiste à segmenter (1, 2, 3) chaque image
5 en régions homogènes en délimitant chaque région par les lignes de crête du relief formé par le gradient de luminance de chaque point de l'image, et à mesurer (6, 7, 8) le déplacement d'une région entre une image N et une autre image M de la même séquence par déplacement et corrélation dans l'image M d'une fenêtre exinscrite à la région dans l'image N.
- 10 2. Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que la segmentation de chaque image en régions homogènes consiste à calculer (1) l'image du module du gradient de luminance des points de l'image, à lisser (2) l'image du module du gradient obtenue et à appliquer (3) un opérateur de morphologie dit de partage des eaux pour repérer les lignes de
15 crêtes présentes dans l'image du modèle du gradient.
3. Procédé selon la revendication 2 caractérisé en ce que l'image du module du gradient est obtenue à l'aide d'un filtre récursif de Canny-Deriche.
- 20 4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 caractérisé en ce qu'il consiste à regrouper les régions qui ont un mouvement cohérent (9) et à classer les régions (11) selon leur déplacement en fonction de leur taille et de leur position dans l'image de façon à obtenir une détection automatique d'objets mobiles par rapport au fond de l'image.



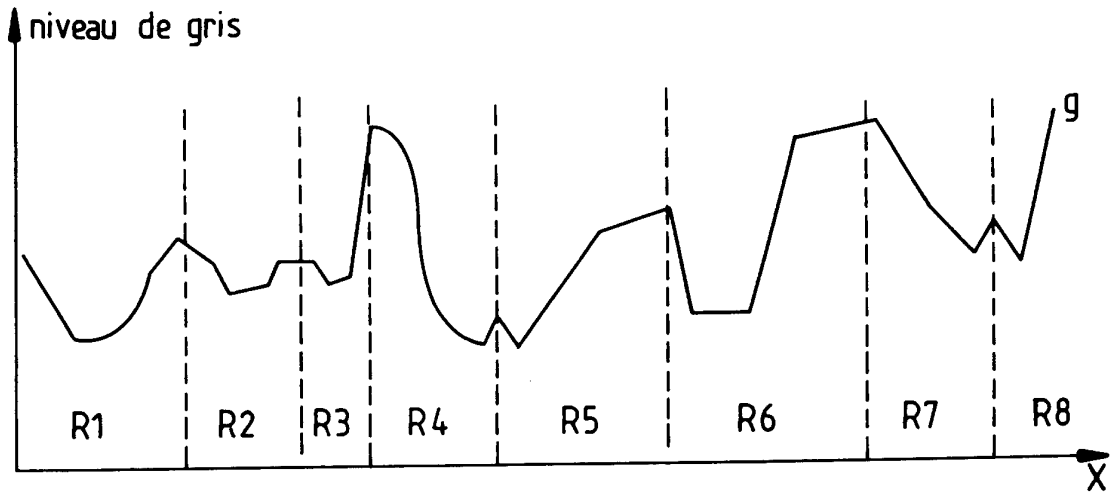


FIG.2a

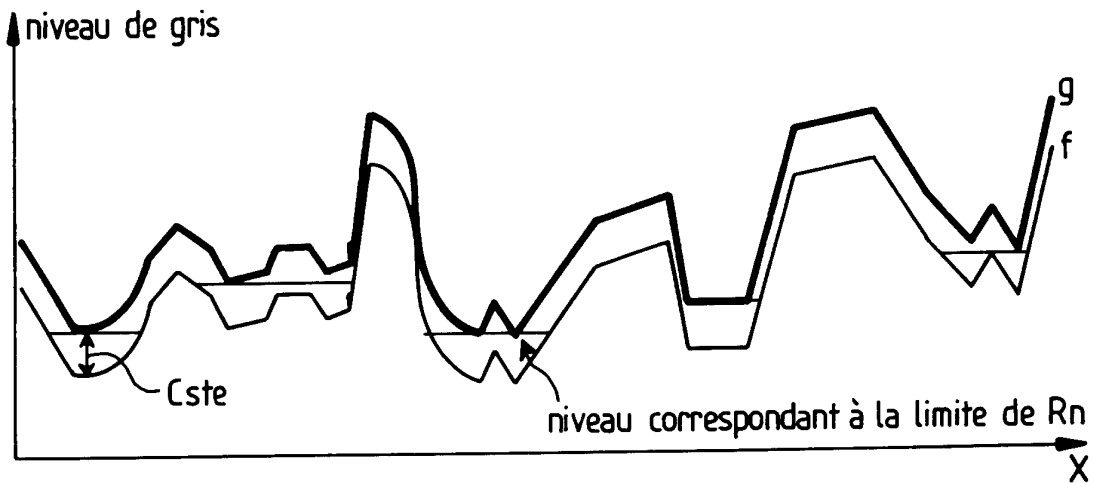


FIG.2b

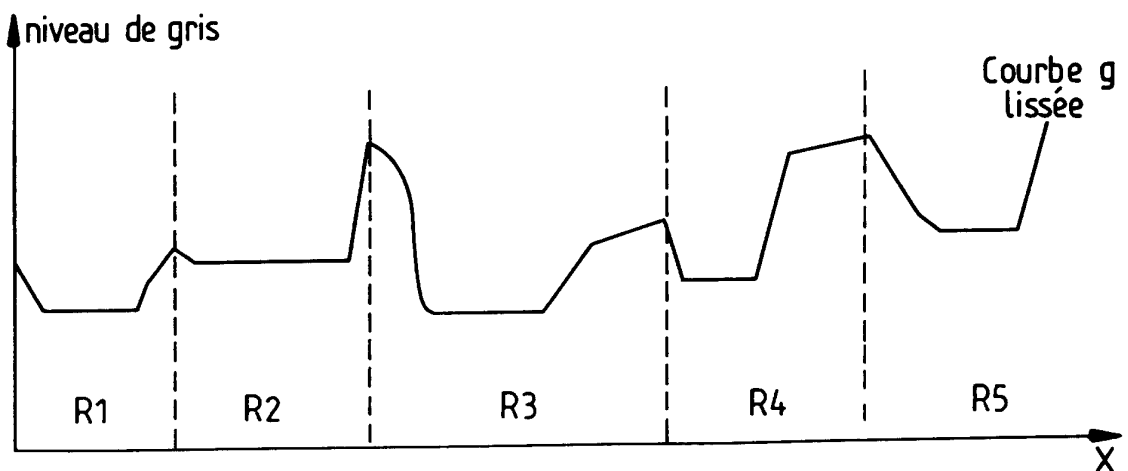


FIG.2c

3/5

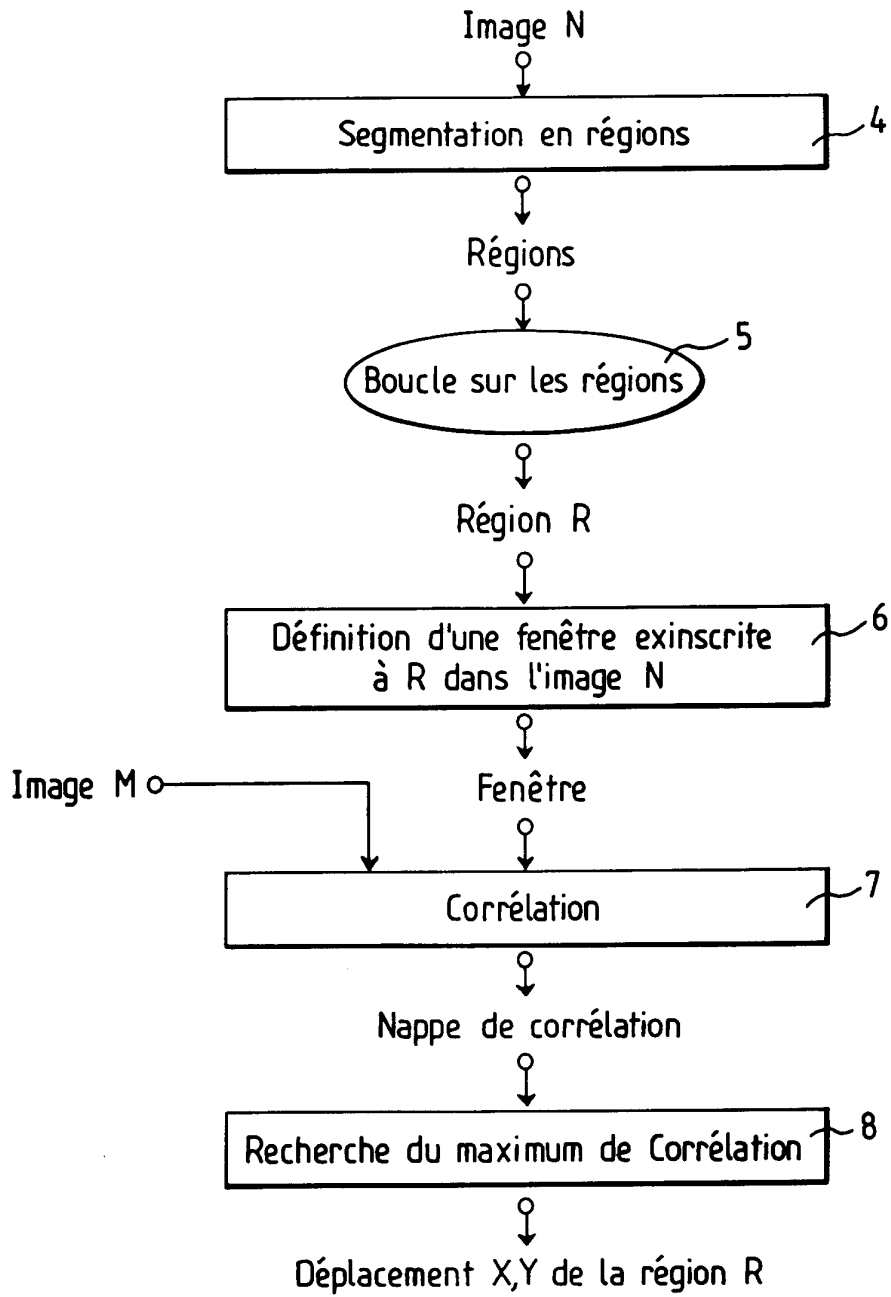


FIG. 4

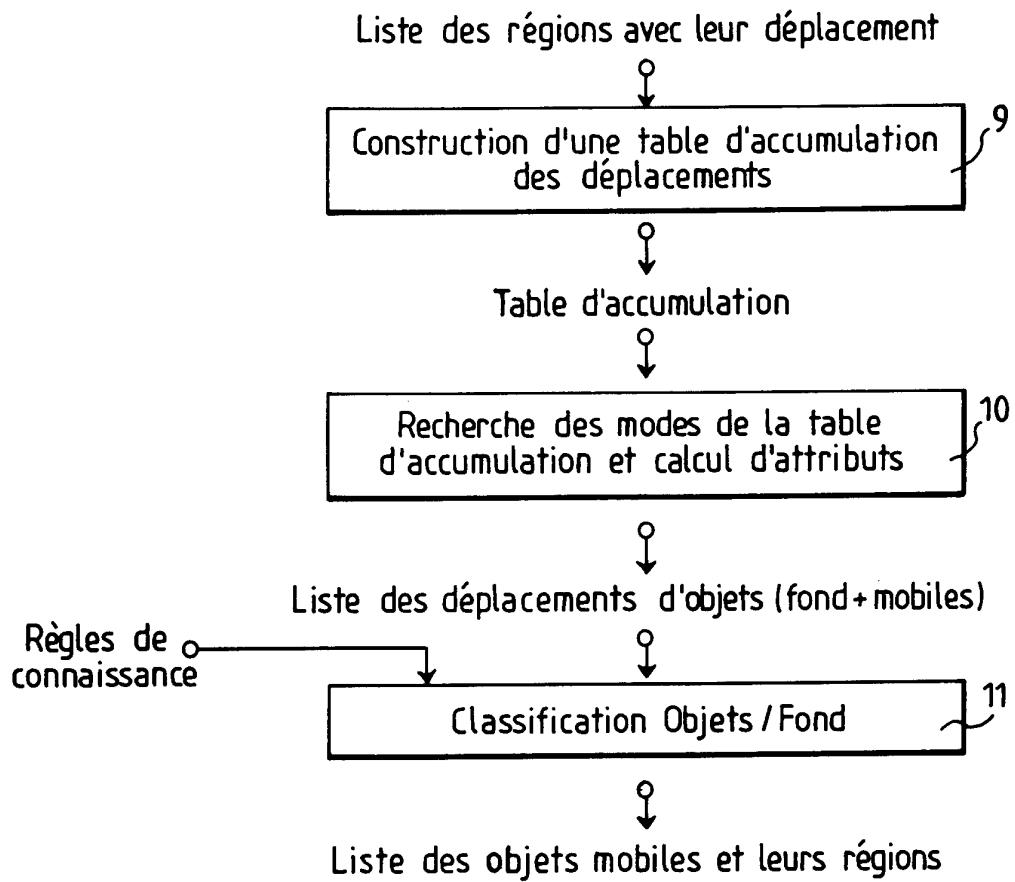


FIG. 5

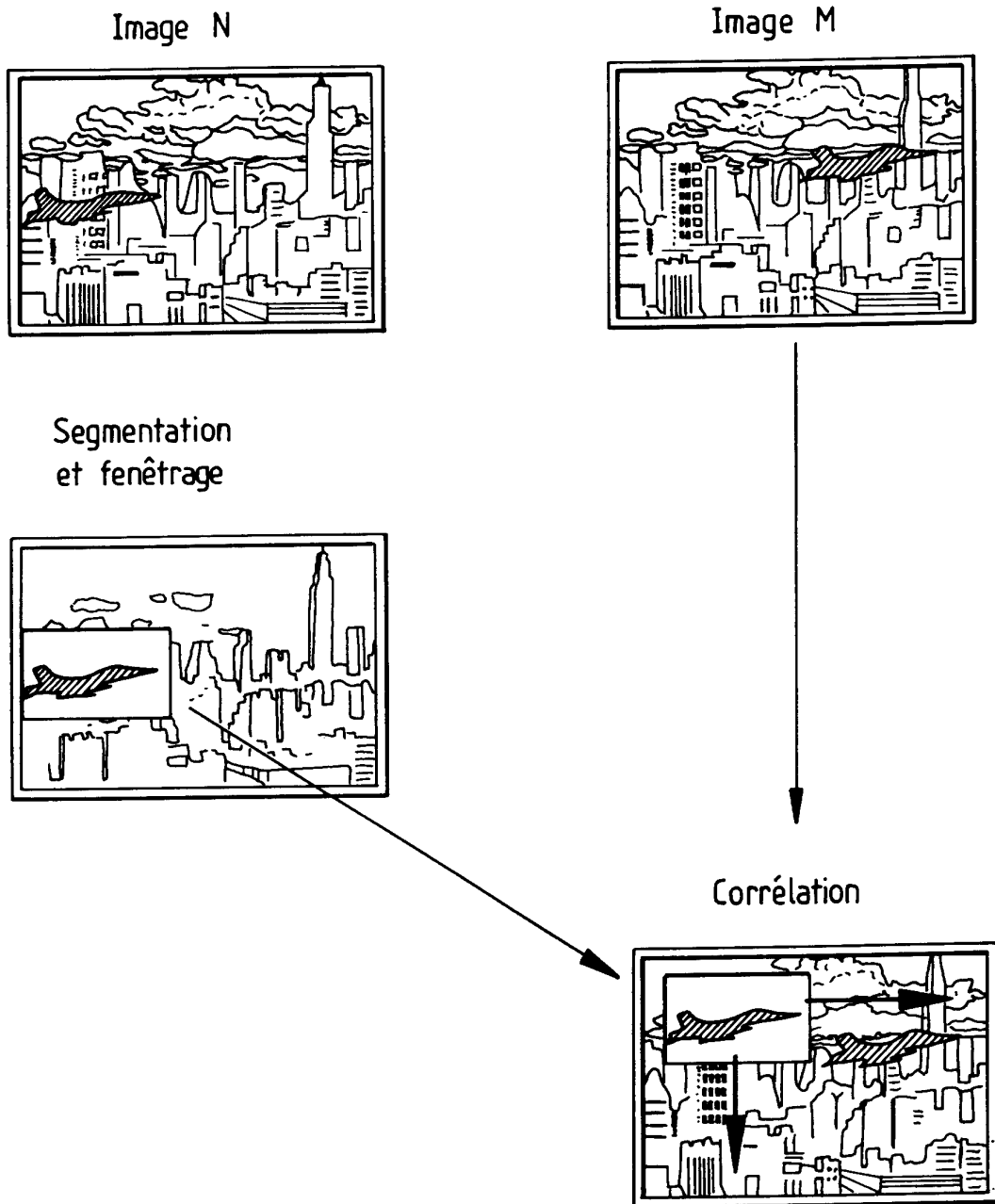


FIG. 6

| DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS | | Revendications concernées de la demande examinée |
|--|--|--|
| Catégorie | Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes | |
| X | US-A-4 053 929 (ROBER H. COLLINS ET AL.) * abrégé * * colonne 10, ligne 36 - ligne 57 * --- | 1 |
| X | US-A-3 903 357 (MARTIN G. WOOLFSON ET AL.) * colonne 13, ligne 8 - ligne 47 * --- | 1 |
| A | IEICE TRANSACTIONS ON INFORMATION AND SYSTEMS, vol. E77-D, no. 6, Juin 1994 TOKYO JP, pages 676-685, XP 000468522 JUNGHYUN HWANG ET AL. 'A Motion/Shape Estimation of multiple objects using an advanced contour matching technique' * figure 2 * ----- | 1 |
| | | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CL.6) |
| | | G06T G01S |
| Date d'achèvement de la recherche | | Examineur |
| 18 Avril 1996 | | Chateau, J-P |
| <p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p> | | |

1