

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

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

**2 727 543**

②1 N° d'enregistrement national :

**94 14162**

⑤1 Int Cl<sup>6</sup> : G 06 T 5/50

①2

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

**A1**

②2 Date de dépôt : 25.11.94.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la demande : 31.05.96 Bulletin 96/22.

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) : ASSOCIATION POUR LA RECHERCHE ET LE DEVELOPPEMENT DES METHODES ET PROCESSUS INDUSTRIELS ARMINES ASSOCIATION LOI DE 1901 — FR.

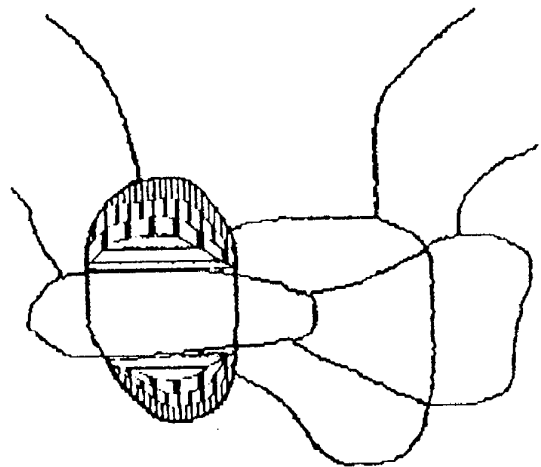
⑦2 Inventeur(s) : BEUCHER SERGE, MEYER FERNAND et SERRA JEAN.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire : CABINET PLASSERAUD.

⑤4 PROCÉDE DE GENERATION D'IMAGES INTERMEDIAIRES PAR INTERPOLATION.

⑤7 Le procédé permet de générer N-1 images mosaïques intermédiaires entre deux images successives d'une même scène. Pour cela, on mémorise l'image initiale et l'image finale sous forme de pixels adressables affectés chacun à une des M classes; on compare deux à deux les pixels correspondants des deux images et on identifie ceux des pixels correspondants des deux images qui appartiennent à la même classe, constituant une partie commune, de façon à constituer au plus M ensembles X, Y,..., chacun constitué de pixels d'une même classe; et on affecte, dans chaque image intermédiaire générée, les pixels de la partie variable chacun à une des M classes, suivant la valeur d'une des distances entre le pixel respectif et des régions prédéterminées de l'image, constituées par la partie commune ou des parties appartenant à une classe prédéterminée dans une ou des images pré-existantes.



**FR 2 727 543 - A1**



**PROCEDE DE GENERATION D'IMAGES INTERMEDIAIRES PAR  
INTERPOLATION**

5           La présente invention a pour objet un procédé de  
génération d'images intermédiaires par interpolation entre  
deux images disponibles successives d'une même scène. Le  
terme "image" doit être considéré dans un sens large et  
comme désignant notamment des représentations d'une scène  
10           réelle ou virtuelle, mais aussi toute représentation à au  
moins deux dimensions sous forme de points élémentaires et  
pouvant être affectés chacun d'une adresse et d'un paramètre  
d'affectation à une classe parmi M classes. L'invention est  
applicable dans de nombreux domaines, et en particulier dans  
15           celui de la compression d'images animées, de codage d'images  
et de restitution d'images manquant dans une séquence.

          En matière de compression d'images, on a déjà proposé de  
constituer des "images mosaïques" constituées par partition  
du plan en des cellules dont chacune est constituée de  
20           pixels homogènes, appartenant à une classe parmi plusieurs  
classes affectées chacune d'un ou plusieurs paramètres  
d'identification. La compression s'effectue alors en ne  
retenant pour transmission qu'une image sur plusieurs. Lors  
de la réception, il faut reconstituer une séquence ayant le  
25           même nombre d'images qu'à l'origine. L'invention vise dans  
ce cas particulier - qui n'est nullement exclusif - à  
reconstituer les images intermédiaires omises en tenant  
compte des modifications intervenues entre les deux images  
successives transmises. Une autre application est la  
30           restauration de films de cinéma, dont certains plans sont  
détériorés. Une autre application encore est la réalisation  
de dessins animés, en ne dessinant que certains des plans et  
en interpolant entre ces plans pour obtenir des images  
intermédiaires. Ces applications ne sont nullement limitati-  
35           ves.

De façon générale, l'invention vise à fournir un procédé de génération de  $N-1$  images mosaïques intermédiaires  $(U_i)_{i \in \{1, N-1\}}$  entre deux images successives  $U_0$  et  $U_N$  d'une même scène, fractionnées en cellules appartenant chacune à une classe homogène parmi  $M$  classes,  $N$  étant une puissance de 2, en assurant une progressivité élevée de transformation pour passer de l'image  $U_0$  à l'image  $U_N$  et cela en ne mettant en oeuvre que des opérations relativement simples.

Dans ce but, l'invention propose notamment un procédé suivant lequel :

- (a) on mémorise l'image initiale et l'image finale sous forme de pixels adressables affectés chacun à une des  $M$  classes,
- (b) on compare deux à deux les pixels correspondants des deux images et on identifie ceux des pixels correspondants des deux images qui appartiennent à la même classe, constituant une partie commune, de façon à constituer au plus  $M$  ensembles  $X, Y, \dots$ , chacun constitué de pixels d'une même classe ; et
- (c) on affecte, dans chaque image intermédiaire générée, les pixels de la partie variable chacun à une des  $M$  classes, suivant la valeur d'une fonction de la distance entre le pixel respectif et des régions prédéterminées de l'image, constituées par la partie commune ou des parties appartenant à une classe prédéterminée dans une ou des images pré-existantes.

Une solution particulière consiste à effectuer, au cours des étapes (c), des dichotomies successives. La première étape (c) permet de déterminer, pour chaque pixel des parties variables, celui des  $M$  ensembles auquel il a la distance géodésique la plus courte et d'affecter le pixel à cet ensemble. Les étapes suivantes utilisent l'image ainsi créée pour recommencer l'opération.

Du fait que cela conduit à un doublement du nombre de points interpolés à chaque étape, le procédé impose, sauf à

admettre une partition irrégulière dans le temps, une valeur de  $N$  égale à une puissance de 2.

5 Dans la plupart des cas, il y a non seulement évolution de la scène, mais déplacement global de la portion de la scène représentée, notamment dans le cas d'une scène réelle observée par une caméra effectuant un mouvement panoramique. Dans ce cas, il est avantageux d'évaluer le vecteur mouvement de la scène dans l'image, par un processus qui peut être l'un de ceux bien connus dans le domaine de la télévi-  
10 sion haute définition à diffusion avec compression temporelle, et d'effectuer la comparaison de l'étape (b) après avoir imposé des déplacements de sens inverse tenant compte de ce vecteur mouvement et permettant d'augmenter les parties communes.

15 D'autres caractéristiques de l'invention apparaîtront à la lecture de la description qui suit de modes particuliers de réalisation, donnés à titre d'exemples non limitatifs. La description se réfère aux figures qui l'accompagnent, dans lesquelles :

20 - les figures 1 et 2 sont des schémas montrant respectivement une image mosaïque initiale A et une image mosaïque finale B, entre lesquelles doivent être interpolées des images intermédiaires ;

25 - les figures 3 et 4 montrent, en noir, les parties communes à l'image initiale et à l'image finale, qui sont également communes à toutes les images de la séquence et, hachurées, les parties variables avec l'étiquette qu'elles ont dans l'image A (figure 3) ou dans l'image B (figure 4) ;

30 - la figure 4 montre les parties communes affectées de l'étiquette qu'elles ont dans toutes les images ;

35 - la figure 6 est un schéma destiné à montrer des premières distances géodésiques, désignées par  $d_{in}^B$ , de deux points  $x$  et  $y$  appartenant à la partie variable, égales, pour  $x$  au plus court chemin constitué de points ayant tous la même étiquette que  $x$  dans l'image B et reliant  $x$  à un point

quelconque des parties communes de même étiquette que  $x$  ;

- la figure 7, similaire à la figure 6, montre des secondes distances  $d_{in}^A$  de deux points  $x$  et  $y$  dans l'ensemble  $A$  ;

5           - la figure 8, similaire aux figures 6 et 7, montre des troisièmes distances géodésiques  $d_{out}^A$  des points  $x$  et  $y$ , c'est-à-dire pour  $x$  la longueur du plus court chemin reliant  $x$  à un point d'étiquette différente dans  $A$  et constitué uniquement de points ayant la même étiquette que  $x$  dans  
10 l'image  $A$  ;

- la figure 9 montre des lignes de niveau correspondant aux frontières d'une facette dans trois interpolés ;

- les figures 10, 11 et 12 montrent trois interpolés complets entre  $A$  et  $B$ , correspondant à des distances  
15 respectives de  $2/10$ ,  $4/10$  et  $6/10$  de l'image  $A$ , les facettes correspondantes étant indiquées par des hachures de même sens ;

- les figures 13 et 14 sont des schémas montrant les profils de deux fonctions à niveaux de gris entre lesquelles  
20 doivent être interpolées des fonctions intermédiaires, le sous-graphe et le sur-graphe étant représentés avec des hachures différentes, correspondant à des étiquettes différentes ; et

la figure 15 montre, en noir, la partie variable des sous-graphes et sur-graphes des figures 13 et 14, ainsi que  
25 le SKIZ des parties communes, qui constitue le graphe de la fonction interpolée médiane entre les fonctions à niveaux de gris.

On décrira tout d'abord l'invention dans son application  
30 à des images dites "mosaïques", dans lesquelles chaque point d'image ou pixel est affecté d'une étiquette indiquant la classe, parmi  $M$  classes, à laquelle appartient le point, au lieu d'un paramètre représentant directement une grandeur physique.

35           Il existe déjà de nombreuses méthodes de segmentation

permettant de produire, à partir d'une image, une telle image mosaïque. Chaque classe de la mosaïque représente une partie de l'image présentant certains caractères d'homogénéité, en ce qui concerne par exemple le niveau de gris, la couleur ou la texture. Certaines techniques de compression d'images utilisent cette représentation pour coder les images : les contours de la mosaïque sont codés et transmis séparément, puis un modèle de texture est transmis pour chaque classe de la mosaïque. De cette manière le décodeur peut générer d'abord l'image mosaïque puis "habiller" chacune des facettes ou cellules.

Un cas particulièrement simple des images mosaïque est l'image binaire, qui ne comporte que deux ensembles, dont l'un peut être regardé comme le fond et l'autre comme la forme.

La mise en oeuvre de l'invention nécessite le calcul de distances géodésiques dont on rappellera la définition.

Dans un ensemble  $X$  de points  $x_1$  et  $x_2$ , la distance géodésique entre  $x_1$  et  $x_2$  dans  $X$  est la longueur du plus court chemin entre  $x_1$  et  $x_2$  qui soit contenu dans  $X$ . Si  $x_1$  et  $x_2$  appartiennent à des composantes connexes distinctes de  $X$ , il n'existe aucun chemin inclus dans  $X$  reliant  $x_1$  et  $x_2$ , on convient que la distance géodésique entre  $x_1$  et  $x_2$  vaut  $+\infty$ . Si  $X$  couvre tout l'espace, la distance géodésique se réduit à la distance simple ou euclidienne.

Dans un ensemble  $X$  incluant un point  $x$  et un ensemble  $Y$ , la distance géodésique dans  $X$  entre  $x$  et  $Y$  est égal à la plus courte distance géodésique dans  $X$  entre  $x$  et un point appartenant à  $Y$ . Elle se confond avec la distance euclidienne si une droite constitue le plus court chemin répondant à cette condition.

Un mode simple de mise en oeuvre de l'invention, lorsqu'on accepte certaines contraintes, fait intervenir la génération d'une image mosaïque dérivée qu'on désignera par le terme de squelette par zone d'influence ou SKIZ. Si on

considère une famille d'ensembles

$$W = (X_i)_{i \in \{1, M\}}$$

chaque ensemble ayant une étiquette différente et pouvant être constitué par des facettes ou cellules regroupant les points affectés à la même classe, le SKIZ de la famille d'ensembles  $W$  est une nouvelle image mosaïque formée par une autre famille d'ensembles :

$$(Z_i)_{i \in \{1, M\}}$$

Chaque ensemble  $Z_i$  est l'ensemble des points du plan qui sont plus proches de l'ensemble  $X_i$  que de tout autre ensemble  $X_k$ , où  $k$  est différent de  $i$ . L'ensemble  $Z_i$  contient l'ensemble  $X_i$  et porte la même étiquette. On écrira :

$$Z_i = IZ_{W(X_i)}$$

De façon générale, l'interpolation entre deux images  $U_0=A$  et  $U_N=B$  revient à chercher une famille d'interpolés :

$$(U_i)_{i \in \{1, N-1\}}$$

L'interpolation se fait en deux phases :

(a) on recherche les parties supposées communes à tous les interpolés en partant de l'hypothèse que ce sont les parties communes à  $A$  et  $B$ . Tout point qui n'appartient pas à une partie commune sera affecté à une classe au cours de la phase (b) ;

(b) on affecte chaque point des parties variables en fonction de la valeur des fonctions distance géodésique entre ce point et des régions prédéfinies de l'image, telles que parties communes ou parties possédant une étiquette prédéterminée ; c'est à ce stade qu'intervient le SKIZ, dans un mode simplifié de réalisation.

### 30 CAS GENERAL DE DEUX IMAGES MOSAIQUES (Y COMPRIS BINAIRES)

Au cours de l'étape (a) on compare les images  $A$  et  $B$ . Par exemple les figures 1 et 2 montrent des images  $A$  et  $B$  dans lesquelles les pixels sont répartis entre quatre classes. Dans l'interpolation, on traite les facettes pour lesquelles il y a une correspondance bi-univoque entre les

facettes ou cellules  $A_\lambda$  de l'image A et  $B_\lambda$  de l'image B ( $\lambda$  désignant une même étiquette dans les deux images). Les facettes qui apparaissent ou disparaissent sont traitées par des processus classiques.

5 Sur les figures 1 et 2, des lignes en tirets indiquent la segmentation de celle des images qui n'est pas représentée ; elles font apparaître les parties communes, ayant la même étiquette dans les deux images mosaïques. Elles conserveront la même étiquette dans toutes les images  
10 interpolées. On notera par :

-  $A \cap B$ , l'image mosaïque constituée par :

- les parties communes, représentées en noir sur les figures 3 et 3 et sur la figure 5 par le même remplissage que sur les figures 1 et 2 ; elles seront  
15 désignées par  $(A \cap B)_\lambda$  pour les points d'étiquette  $\lambda$  ;
- les parties variables, représentées sur les figures 3 et 4 de la même façon que sur les figures 1 et 2.

20 Les parties communes sont conservées dans toutes les images intermédiaires  $1, \dots, N-1$ .

#### METHODE SIMPLIFIEE = Utilisation du SKIZ

25 La construction de l'interpolé médian  $i = N/2$  à l'aide du SKIZ est simple et rapide. On effectue le SKIZ de la famille des parties fixes munies chacune de son étiquette. Cette mosaïque milieu  $M(A,B)$  constitue l'interpolé médian. L'algorithme pour la construction du SKIZ d'une famille  
30 d'ensembles peut être celui décrit par Luc Vincent dans "Algorithmes morphologiques à base de files d'attente et de lacets. Extension aux graphes", Thèse de l'Ecole des Mines de Paris, 14 mai 1990.

35 La construction des interpolés intermédiaires peut s'effectuer directement à partir des images A et B ou en séquence en utilisant chaque fois un interpolé intermédiaire



déjà disponible.

Dans le second cas, la séquence de N-1 images résultant des N étapes de déformation pour passer de  $U_0 = A$  à  $U_N = B$  implique des itérations successives, d'abord :

$$\begin{aligned}
 &5 \quad U_{N/2} = \text{Moyenne } (U_0, U_N) \\
 &\quad \text{puis} \\
 &\quad \left\{ \begin{array}{l} U_{N/4} = \text{Moyenne } (U_0, U_{N/2}) \\ U_{3N/4} = \text{Moyenne } (U_{N/2}, U_N) \end{array} \right.
 \end{aligned}$$

10 et pour chaque itération d'ordre i :

$$U_{N/2}^i = \text{Moyenne } (U_0, U_{N/2}^{i-1})$$

Si N est une puissance de 2, on obtient une séquence régulière d'images interpolées.

15 A titre d'exemple, les figures 4 et 5 montrent les deux premiers de sept interpolés entre les images des figures 1 et 2, les limites des facettes de la figure 1 étant montrées en tirets.

20 UTILISATION DE PARAMETRES DISTANCES GEODESIQUES PLUS COMPLETS :

La phase (b) peut également être effectuée en utilisant les distances géodésiques et des images "différence" entre les mosaïques  $U_0=A$  et  $U_N=B$ , par un procédé n'introduisant aucune contrainte sur le nombre des interpolés et s'appuyant sur des distances géodésiques supplémentaires.

25 L'ensemble "différence" entre A et B est l'ensemble des points d'étiquette différente dans A et B (en noir sur la figure 5). Cette différence sera désignée par (A/B) et on notera  $(A/B)_\lambda$  les points ayant l'étiquette  $\lambda$  dans la mosaïque A sans l'avoir dans la mosaïque B. Chaque point des parties variables possède donc une étiquette différente dans les mosaïques A et B.

30 On définit de plus, en chaque point x, deux distances géodésiques pour chaque mosaïque A et B.

35 Une première distance géodésique pour chaque point,

appartenant à un ensemble d'étiquette  $\lambda$ , est la distance au point le plus proche qui n'a pas la même étiquette dans la même mosaïque. Etant donné qu'il s'agit d'une distance, dans la même mosaïque A ou B, à une partie qui ne possède pas la même étiquette, on appellera cette distance :

$d_{out}^A$  pour un point dans la mosaïque A,

$d_{out}^B$  pour un point dans la mosaïque B.

On peut considérer que  $d_{out}^A$  par exemple est la distance géodésique du point d'étiquette à  $\overline{A_\lambda}$  dans  $(A \cap B)_\lambda$ .

La figure 8 montre la distance  $d_{out}^A$  pour deux points x et y appartenant à deux ensembles différents dans la mosaïque A.

Une seconde distance géodésique, pour chaque point appartenant à un ensemble d'étiquette  $\lambda$ , est définie pour chaque point n'appartenant pas aux parties communes  $A \cap B$ . Elle sera désignée par :

$d_{in}^A$  dans la mosaïque A

$d_{in}^B$  dans la mosaïque B

La distance  $d_{in}^A$  pour un point qui a l'étiquette  $\lambda$  dans A est la distance géodésique au point le plus proche ayant la même étiquette  $\lambda$  dans B, c'est-à-dire la distance géodésique de ce point à  $(A \cap B)_\lambda$ . Elle serait nulle pour les parties communes. La figure 8 montre, à titre d'exemple, les distances  $d_{in}^A$  pour deux points x et y.

De même, la distance  $d_{in}^B$  pour un point qui a l'étiquette  $\lambda$  dans B est la distance géodésique à  $(A \cap B)_\lambda$ .

Les figures 6 et 7 montrent les distances  $d_{in}^B$  et  $d_{in}^A$  pour les mêmes points x et y que ci-dessus.

On obtient ainsi, pour chacune des mosaïques A et B, deux fonctions distances :  $d_{in}^A$  et  $d_{out}^A$  pour A,  $d_{in}^B$  et  $d_{out}^B$  pour B, calculées pour chaque point.

On utilise alors un ou plusieurs de critères d'affectation fondés chacun sur une comparaison entre deux des valeurs d ci-dessus. Les couples de valeurs  $d_1$  et  $d_2$  que l'on

compare peuvent être parmi les suivants, pour un même point  $x$  :

5	$d_1$	$d_2$
	$d_{in}^A$	$d_{in}^B$
10	$d_{out}^B$	$d_{out}^A$
	$d_{in}^A$	$d_{out}^A$
	$d_{in}^B$	$d_{out}^B$

15

Le premier terme de chaque couple constitue une indication sur la distance à la mosaïque A, le second sur la distance à la mosaïque B.

#### 20 Application d'un seul critère

Si une des distances ci-dessus est particulièrement représentative à elle seule, on peut utiliser une règle simple.

Dans l'interpolé médian on affecte, à un point  $x$  :

25

- l'étiquette qu'il a dans A si  $d_2(x) > d_1(x)$
- l'étiquette qu'il a dans B si  $d_2(x) \leq d_1(x)$

Plus généralement, dans un interpolé autre que l'interpolé médian, on est amené à effectuer une pondération. Elle peut se faire en comparant la valeur prise par la fonction :

30

$$f(d_1, d_2) = d_2 / (d_1 + d_2)$$

à un seuil  $\alpha$  compris entre 0 et 1, dont la valeur croît avec le rapport entre le rapport des distances temporelles de l'interpolé aux mosaïques initiale et finale. Si la valeur de  $f(d_1, d_2)$  est inférieure à  $\alpha$ , on affecte à  $x$  l'étiquette qu'il a dans la mosaïque A et inversement.

35

La figure 9 montre, à titre d'exemple, des lignes de niveau (correspondant à une comparaison avec trois seuils différents) pour trois interpolés de l'une seulement des facettes de l'image ; ces lignes de niveau délimiteront la

facette dans les interpolés. Les figures 10 à 12 montrent trois images interpolées successives.

#### Application d'une pondération de plusieurs critères

5 Chacun des couples  $(d_1, d_2)$  ci-dessus permet de construire une séquence d'interpolés différente et toute somme pondérée des résultats permet de construire des interpolés encore différents.

10 Dans de nombreux cas, de bons résultats en matière de progressivité sont obtenus en faisant simplement la moyenne de deux fonctionnelles, par exemple :

$$1/2 [d_{in}^A, d_{out}^A], (d_{in}^B, d_{out}^B)]$$

15 c'est-à-dire d'une comparaison , sur une somme pondérée faisant intervenir deux fois  $d_{in}$  et  $d_{out}$ .

#### EXTENSION AUX FONCTIONS NUMÉRIQUES

20 Jusqu'ici il n'a été fait référence qu'à des images mosaïques dont les facettes ont implicitement la même étiquette : elles peuvent être regardées comme à deux dimensions. Des images à plus de deux dimensions spatiales peuvent cependant être traitées de la même façon.

25 Le procédé suivant l'invention est également utilisable dans le cas d'une image à deux - ou plus généralement  $n$  dimensions - ayant également des niveaux de gris, où chaque pixel, de coordonnées  $x, y$  dans le cas de deux dimensions, est affecté d'une fonction à niveaux de gris  $g(x, y)$ . Une telle fonction peut être considérée, dans une image à deux dimensions géométriques, comme une image mosaïque particu-  
30 lière dans un espace à trois dimensions  $x, y, z$ , où  $z$  est le niveau de gris.

Dans ce cas, on affectera à tout point de l'espace tridimensionnel  $(x, y, z)$  une étiquette égale à 1 si  $g(x, y) \leq z$  et 0 dans le cas contraire.

35 A titre d'exemple les figures 13 et 14 montrent deux

fonctions, représentant deux images mosaïques, entre lesquelles on veut interpoler. Dans un but de simplification, seule une variation en  $x$ , représentant la variation spatiale, est figurée. Les points où  $g(x) \geq z$  constituent le sur-graphe (au-dessus de la courbe en traits pleins, qui correspond à l'image A) et les points où  $g(x) \leq z$  constituent le sous-graphe, montré différemment sur les figures.

5

Les interpolés dans les parties variables peuvent être déterminés de la même façon que dans le cas simplement bidimensionnel.

10

Une solution simple lorsque l'on souhaite déterminer des interpolés dont le nombre est une puissance de deux, plus un, consiste à adopter la méthode du SKIZ déjà décrite. Le SKIZ conduit d'abord à l'interpolé médian, indiqué sur la figure 15 ; les interpolés intermédiaires peuvent être ensuite déterminés successivement à partir de ceux déjà disponibles.

15

Dans le cas où on accepte de n'utiliser que le SKIZ appliqué à des distances euclidiennes, la recherche d'un interpolé médian entre deux fonctions  $g_1$  et  $g_2$  de variables  $x$  et  $y$  peut s'effectuer de la même façon suivante.

20

On recherche tout d'abord les frontières haute  $z_0 = \inf(g_1, g_2)$  de la partie basse commune et  $w_0 = \sup(g_1, g_2)$  de la partie haute commune. Elles délimitent la zone montrée en noir sur la figure 15. Puis on applique un algorithme de dilatation des parties communes qui réduit progressivement l'intervalle entre les frontières jusqu'à ce qu'elle coïncident.

25

L'algorithme de dilatation utilise un élément structurant dont la forme dépendra de la trame de répartition des pixels. Si cette trame est hexagonale, on utilise avantageusement une prisme hexagonal de hauteur unité ou une pyramide à base hexagonale centrée sur le point à partir duquel s'effectue la dilatation. Classiquement, on applique les fonctions de morphologie:

35

DILATER ( $z_0$ ) pour faire monter la frontière  $z_0$ .

ERODER ( $w_0$ ) pour faire descendre  $w_0$ .

Il faut limiter la croissance de la fonction dilatée et la décroissance de la fonction érodée. Pour cela on peut  
5 utiliser deux contraintes.

L'une est que la fonction basse dilatée ne doit pas dépasser la valeur de la fonction haute pour les mêmes valeurs  $x, y$ . Elle est donc finalement  $z'_0$  :

$$z'_0 = \inf [\text{dilate}(z_0), w_0]$$

10 L'autre est que la fonction haute érodée ne doit pas être inférieure à la fonction basse initiale au même point :

$$w'_0 = \sup [(\text{erode}(w_0), z_0)]$$

La même contrainte est répétée, à chaque étape. Par exemple, à l'itération d'ordre  $i$  :

$$15 \quad z'_i = \inf [\text{dilate}(z'_{i-1}), \sup [\text{erode}(w'_{i-1}), z'_{i-1}]]$$

$$w'_i = \sup [\text{erode}(w'_{i-1}), \inf [\text{dilate}(z'_{i-1}), w'_{i-1}]]$$

#### COMPENSATION DE MOUVEMENT

20 En règle générale, les images initiale A et finale B représentent la même scène à deux instants successifs.

On connaît par ailleurs des procédés d'estimation de mouvement d'images suivantes, utilisés notamment pour déterminer le vecteur mouvement moyen lors du codage d'une image de télévision numérique, permettant de réduire le  
25 débit d'informations à transmettre. Dans le cas de la présente invention, il est possible, une fois une image de départ ou d'arrivée segmentée, d'estimer le vecteur mouvement de chaque facette.

Pour interpoler l'image mosaïque qui se trouve à une  
30 distance temporelle  $\alpha$  de l'image mosaïque initiale A et  $1 - \alpha$  de l'image temporelle B, on applique à chaque facette pour laquelle le vecteur mouvement est T de A à B, une translation  $\alpha T$  dans l'image A et une translation  $(\alpha - 1)(T)$  à la facette dans la mosaïque B.

35 Plus fréquemment, on déterminera un seul vecteur

mouvement  $T$  pour toutes les facettes constituant un même ensemble d'étiquettes  $\lambda$ .

Au cours de l'une et l'autre des translations, un pixel  $x$  peut avoir plusieurs antécédents d'étiquettes différentes.  
 5 Dans ce cas on choisit l'étiquette permettant la plus grande intersection avec la translation depuis l'autre image mosaïque terminale.

On obtient ainsi deux images mosaïques, l'une à partir de  $A$  et l'autre à partir de  $B$ . Chacune de ces réalisations  
 10 peut avoir des trous, dus à la présence de points qui n'ont pas été couverts à la suite des translations. Ces trous peuvent être remplis en appliquant la fonction SKIZ. Les formes des facettes sont alors légèrement modifiées. De plus, il peut y avoir une modification due à ce que le  
 15 mouvement réel pour passer de  $A$  à  $B$  n'est pas une simple translation.

On applique ensuite, aux réalisations  $\mathcal{A}(\mathcal{G}-1)$   $B$  une interpolation du genre décrit ci-dessus, mais appliquée à  $A$  et  $B$ .

#### 20 HABILLAGE DES FACETTES PAR DES TEXTURES

Les facettes peuvent présenter des textures particulières, identifiables par une information pour chaque ensemble dans les images initiale  $A$  et finale  $B$ .

Il faut également calculer dans ce cas l'interpolation  
 25 des textures pour les images interpolés.

Dans le cas d'une interpolation avec translation, une stratégie d'habillage d'une facette d'un interpolé par une texture (par exemple lignes parallèles, quadrillage, etc...) est la suivante. On déplace la texture d'une facette de  
 30 l'ouvrage  $A$  sur la mosaïque par la translation  $\mathcal{A}T$  pour constituer la mosaïque à distance  $\mathcal{G}$  de  $A$ . La translation est validée si le pixel de destination possède, dans l'image mosaïque à distance  $\mathcal{G}$ , la même étiquette que dans l'image de départ.

35 Des zones périphériques de certaines facettes de la

mosaïque peuvent alors ne pas se voir affecter une texture par cette opération. On leur attribue alors les niveaux de gris des points les plus proches de même étiquette.

5 On obtient ainsi une première réalisation d'une image codée à distance  $\alpha$  de A et  $(1-\alpha)$  de B.

Une seconde image interpolée peut être obtenue à partir de l'image B, cette fois par translation égale à  $(\alpha-1) T$ .

L'image codée finale peut alors être obtenue en prenant le barycentre entre les deux réalisations ainsi obtenues.



## REVENDEICATIONS

1. Procédé de génération de  $N-1$  images mosaïques intermédiaires  $(U_i)_{i \in 1, N-1}$  entre deux images successives

5  $U_0 = A$  et  $U_N = B$  d'une même scène, fractionnées en cellules appartenant chacune à une classe homogène parmi  $M$  classes, suivant lequel :

(a) on mémorise l'image initiale et l'image finale sous forme de pixels adressables affectés chacun à une des  $M$  classes,

10

(b) on compare deux à deux les pixels correspondants des deux images et on identifie ceux des pixels correspondants des deux images qui appartiennent à la même classe, constituant une partie commune, de façon à constituer au plus  $M$  ensembles  $X, Y, \dots$ , chacun constitué de pixels d'une même classe ; et

15

(c) on affecte, dans chaque image intermédiaire générée, les pixels de la partie variable chacun à une des  $M$  classes, suivant la valeur d'une des distances entre le pixel respectif et des régions prédéterminées de l'image, constituées par la partie commune ou des parties appartenant à une classe prédéterminée dans une ou des images pré-existantes.

20

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que, au cours des étapes (c), on effectue des dichotomies successives, la première étape (c) permettant de déterminer, pour chaque pixel des parties variables, celui des  $M$  ensembles ou classes auquel il a la distance géodésique la plus courte et d'affecter le pixel à cet ensemble et les étapes suivantes utilisent l'image ainsi créée pour recommencer l'opération.

25

30

3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on affecte successivement les pixels de la partie vo dans l'image médiane  $U_{(N/2)}$ , dans les images intermédiaires  $U_{(N/4)}$  et  $U_{(3N/4)}$  et ainsi de suite jusqu'à  $U_2, \dots, U_{N-1}$ , par affectation de chaque pixel de la partie variable des deux images

35

adjacentes déjà disponibles à celui des  $M$  ensembles constituant la partie commune de ces deux images avec lequel il a la distance géodésique la plus courte.

4. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que, au cours de la phase (c) :

(C1) on détermine, pour chaque point, dans l'image initiale A et dans l'image finale B, la distance géodésique respective  $d_{out}^A$  ou  $d_{out}^B$  de ce point au point le plus proche appartenant à une classe différente, et/ou

(C2) on détermine, pour chaque point, dans l'image initiale A et dans l'image finale B, la distance géodésique  $d_{in}^A$  ou  $d_{in}^B$  au point le plus proche ayant la même étiquette dans l'autre image, puis

(C3) pour affecter chaque point à un ensemble dans une image interpolée on compare les deux termes, pour ce point, d'au moins un des deux couples suivants :

$$\begin{aligned} & d_{in}^A \text{ et } d_{in}^B \\ & d_{out}^B \text{ et } d_{out}^A \\ & d_{in}^A \text{ et } d_{out}^A \\ & d_{in}^B \text{ et } d_{out}^B \end{aligned}$$

5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que, pour les interpolés autres que l'interpolé médian, on effectue une pondération des deux termes avant comparaison.

6. Procédé selon la revendication 4 ou 5, caractérisé en ce que, au cours de l'étape (C1), on effectue une pondération entre plusieurs comparaisons.

7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que la pondération consiste à faire les moyennes des comparaisons entre :

$$\begin{aligned} & d_{in}^A \text{ et } d_{out}^A \\ & d_{in}^B \text{ et } d_{out}^B \end{aligned}$$

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, suivant lequel on estime le vecteur mouvement  $T$  de la scène de l'image  $U_0$  à l'image  $U_N$  et, avant détermination

d'une image intermédiaire située à une fraction  $\alpha$  de l'intervalle de temps entre  $U_0$  et  $U_n$ , on applique une translation  $\alpha T$  à l'image mosaïque  $U_0$  et  $(1-\alpha)T$  à l'image  $U_n$ .

5 9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que l'étiquette est prévue pour différencier des facettes suivant au moins un paramètre radiométrique de l'image, tel que luminance, chrominance et texture.

10 10. Procédé selon les revendications 2 et 9, caractérisé en ce que les opérations de dichotomie successives sont effectuées en utilisant également la différentiation fournie par l'étiquette.

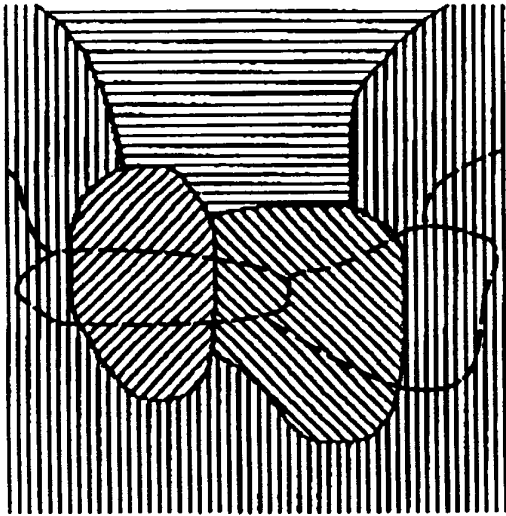


FIG. 1.

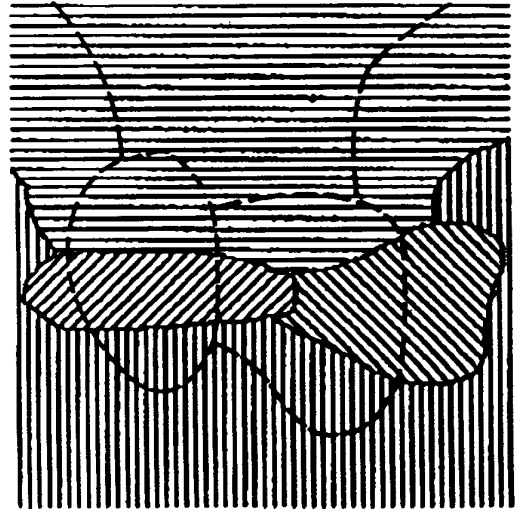


FIG. 2.

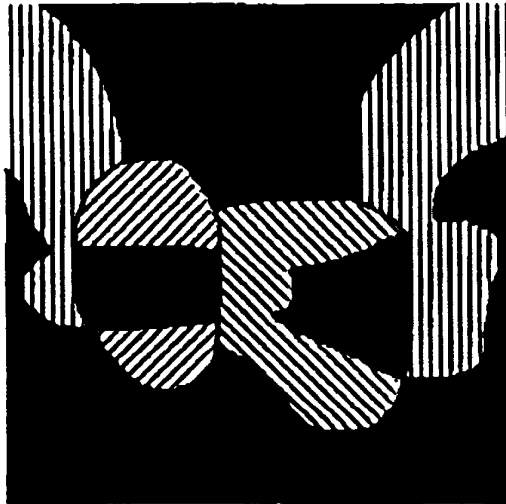


FIG. 3.

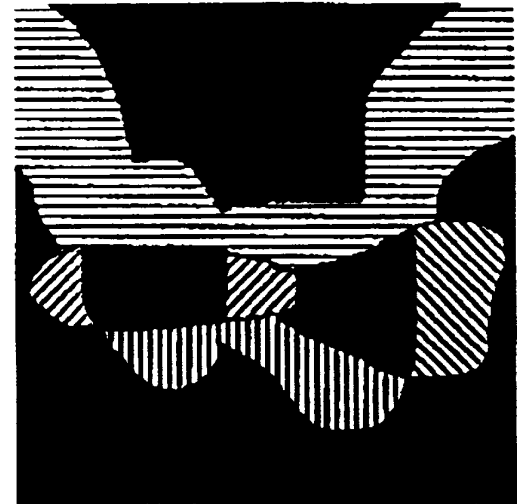


FIG. 4.

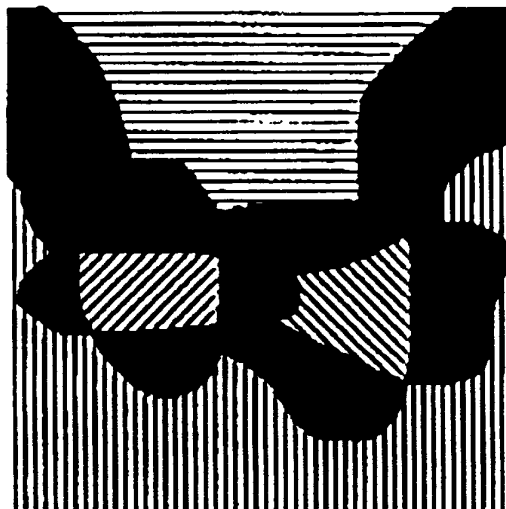


FIG. 5.

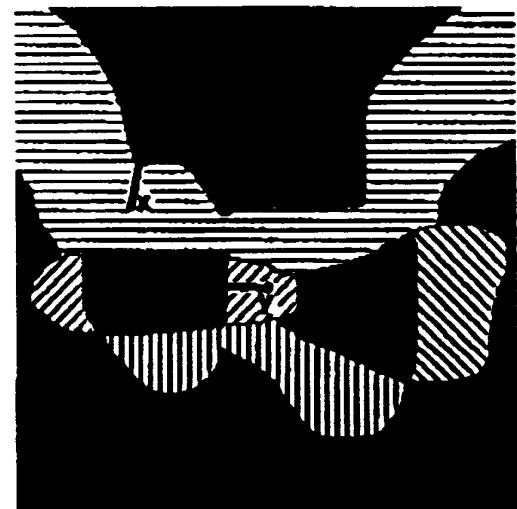


FIG. 6.  $d_{in}^B$

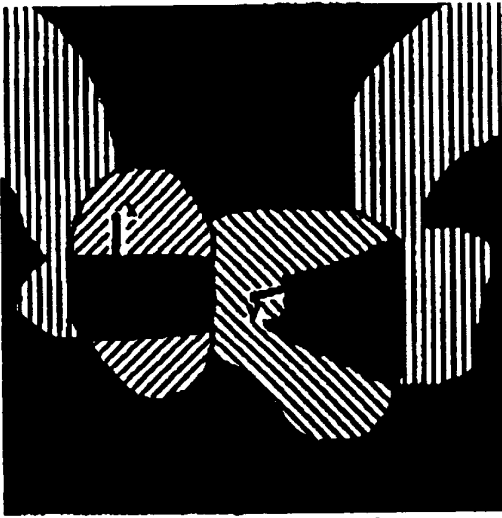


FIG. 7.  $d_{in}^A$

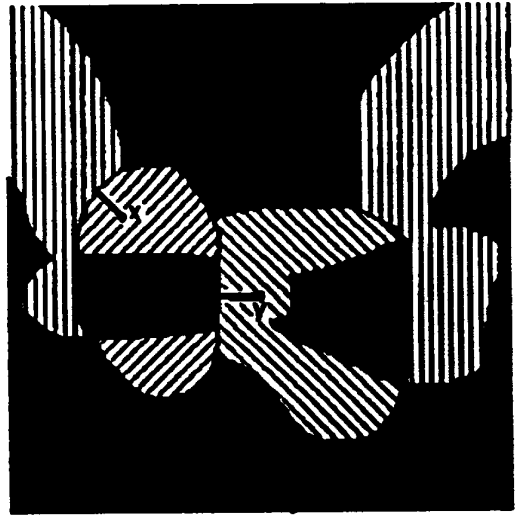


FIG. 8.  $d_{out}^A$

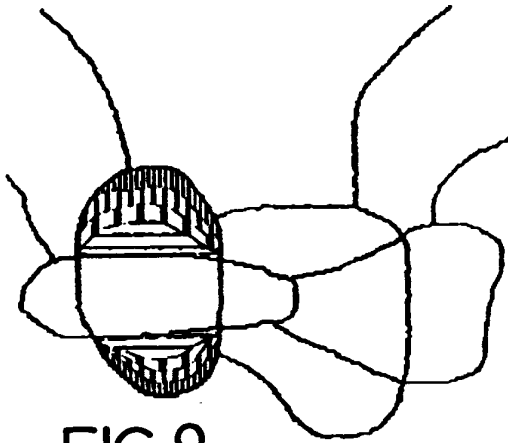


FIG. 9.

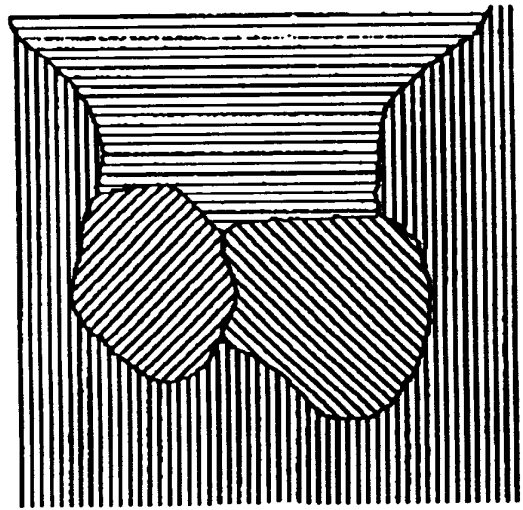


FIG. 10.

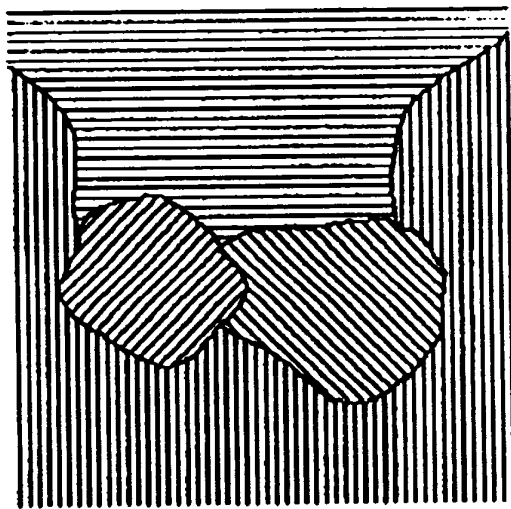


FIG. 11.

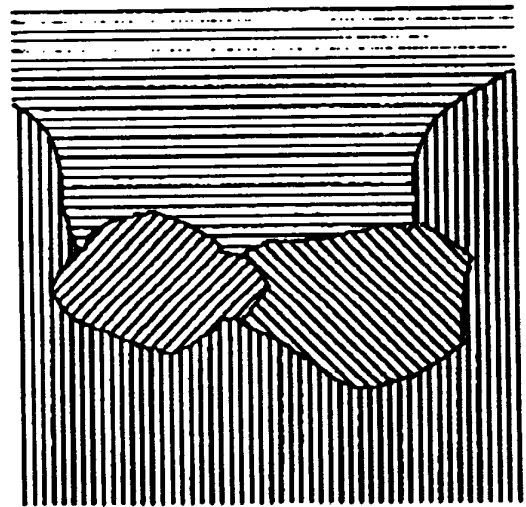


FIG. 12.

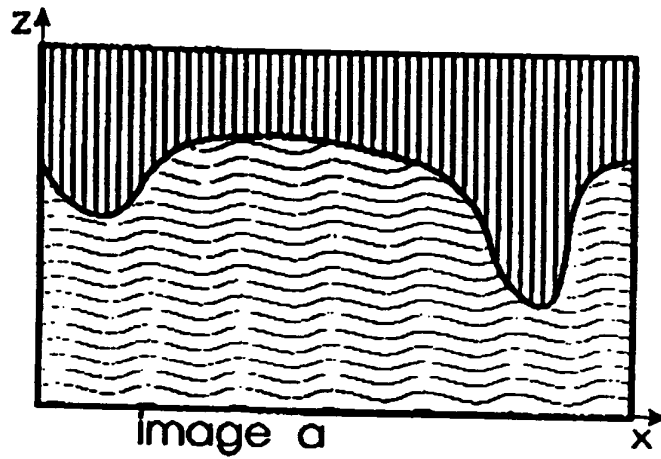


Image a

FIG.13.

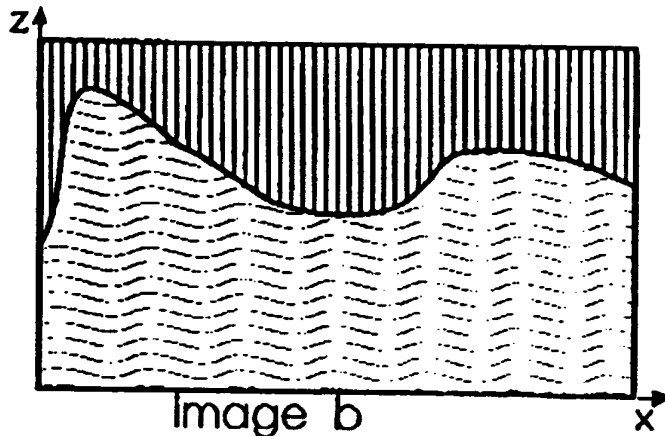
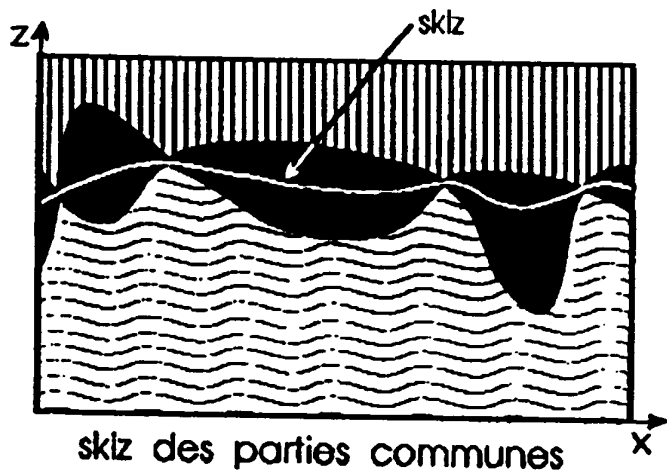


Image b

FIG.14.



skiz des parties communes

FIG.15.

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
Y	AUTOMATIZACE, JUNE 1991, CZECHOSLOVAKIA, vol. 34, no. 6, ISSN 0005-125X, pages 136-140, MOSHA J ET AL 'Geodetic interpolation in a system of contour lines' * le document en entier * ---	1-10
Y	GB-A-2 245 807 (RANK CINTEL LTD) 8 Janvier 1992 * revendications 1,2 * ---	1-10
Y	RESEARCH DISCLOSURE, vol. 309, no. 019, 10 Janvier 1990 EMSWORTH, GB, ANONYMOUS 'Pixel interpolator with edge sharpening for image modification - uses nearest neighbour polynomial interpolation equation weighting values according to distance between nearby pixels and new pixel' * le document en entier * ---	1,2
Y	GB-A-2 277 847 (GRASS VALLEY GROUP) 9 Novembre 1994 * abrégé * ---	1,2
A	FR-A-2 695 230 (CUADROS ISABELLE ;PERRIN RAYMOND) 4 Mars 1994 -----	
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. CL. 6)
		G06T
Date d'achèvement de la recherche		Examinateur
1 Août 1995		Pierfederici, A
<p><b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b></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                      &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>		

1  
EPO FORM 1503 03.82 (P04C13)