



(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2016/03/10  
 (87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2016/09/15  
 (85) Entrée phase nationale/National Entry: 2017/09/06  
 (86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2016/050547  
 (87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2016/142632  
 (30) Priorité/Priority: 2015/03/12 (FR1552058)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *G06T 13/20* (2011.01),  
*G06T 13/40* (2011.01)  
 (71) Demandeur/Applicant:  
UNIVERSITE DE LORRAINE, FR  
 (72) Inventeurs/Inventors:  
OUNI, SLIM, FR;  
GRIS, GUILLAUME, FR  
 (74) Agent: GOUDREAU GAGE DUBUC

(54) Titre : DISPOSITIF DE TRAITEMENT D'IMAGE  
 (54) Title: IMAGE PROCESSING DEVICE

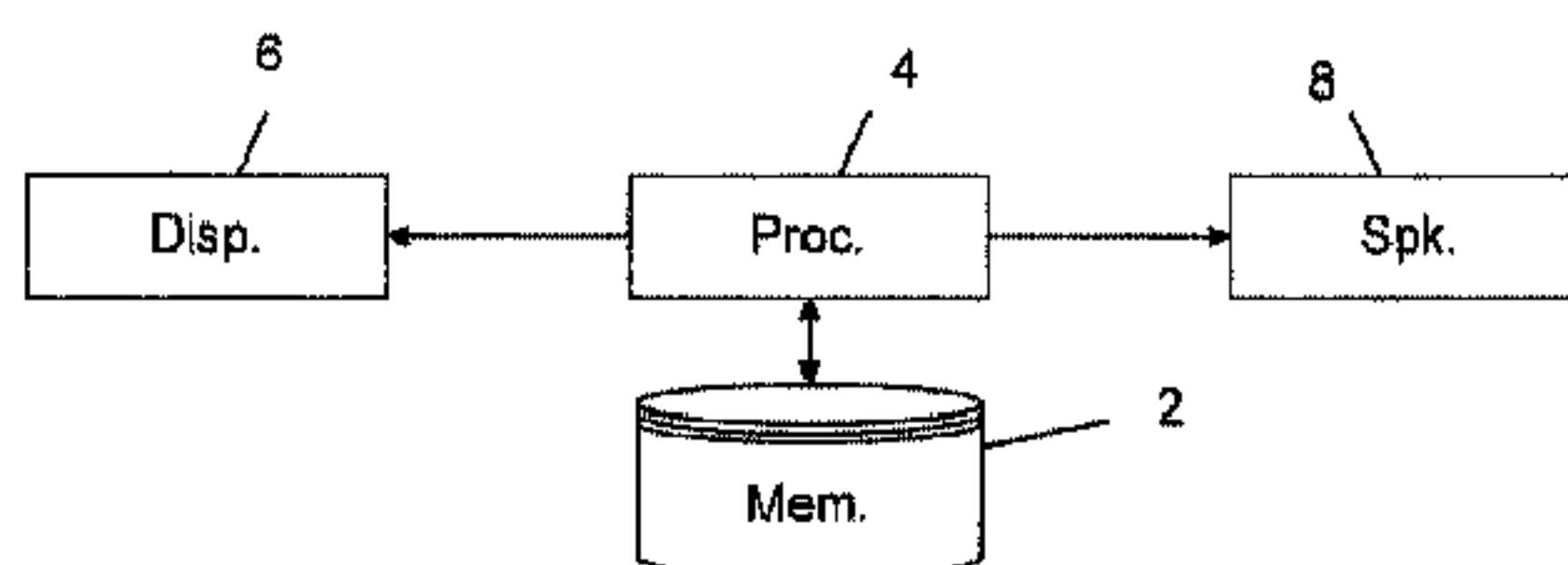


Fig.1

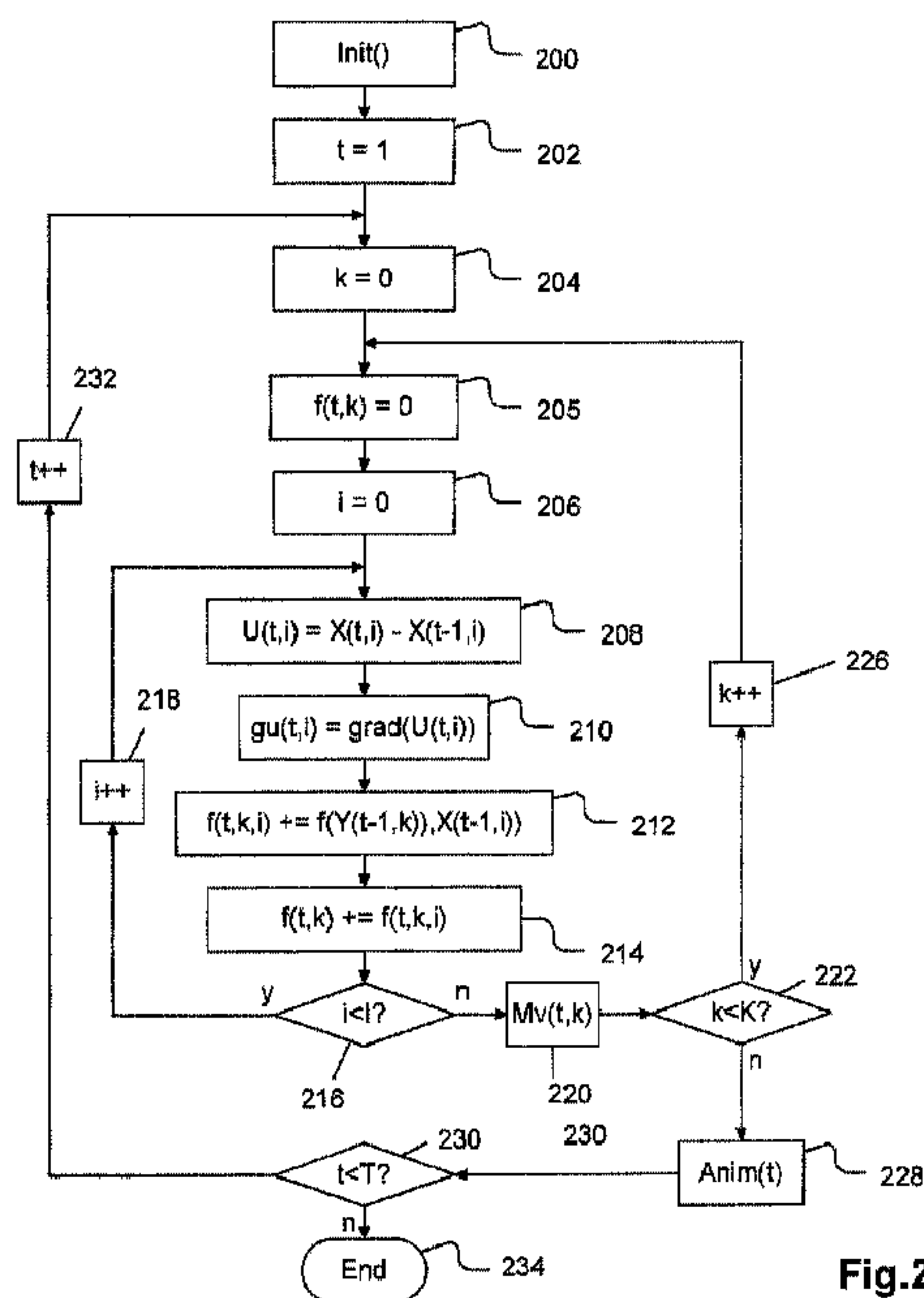


Fig.2

(57) Abrégé/Abstract:

Dispositif comprenant une mémoire (2) stockant des données de son, des données de surface en trois dimensions, et une pluralité de jeux de données de contrôle qui représentent des points de contrôle définis par des données de coordonnées qui sont

(57) **Abrégé(suite)/Abstract(continued):**

associées à des données de son, et un processeur (4) qui, à partir de premières et secondes données de son successives, et de premières données de surface en trois dimensions, sélectionne les jeux de données de contrôle associés aux premières et secondes données de son, et définit de secondes données de surface en trois dimensions en appliquant un déplacement à chaque point. Le déplacement d'un point donné est calculé comme la somme de vecteurs déplacements calculés pour chaque point de contrôle à partir de la somme de premier et deuxième vecteurs, pondérée par le ratio entre le résultat d'une fonction à deux variables présentant une limite nulle à l'infini appliquée au point donné et au point de contrôle et la somme du résultat de cette fonction appliquée au point d'une part et à chacun des points de contrôle d'autre part. Le premier vecteur représente le déplacement du point de contrôle entre les premières et les secondes données de son. Le deuxième vecteur correspond à la différence entre les données de coordonnées du point et les données de coordonnées du point de contrôle dans les premières données de son, multiplié par un coefficient dépendant du gradient du premier vecteur.

## (12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

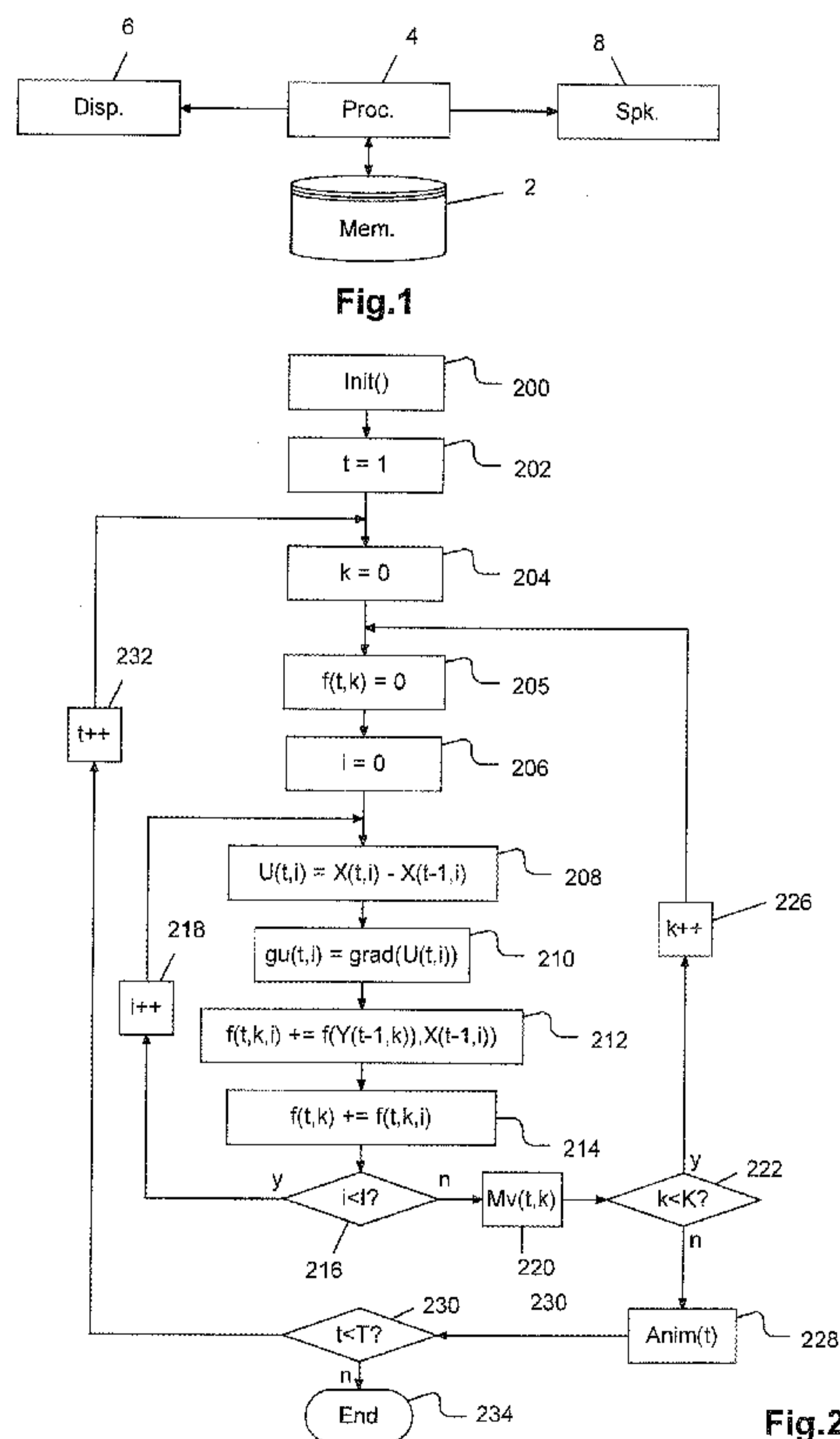
(19) Organisation Mondiale de la  
Propriété Intellectuelle  
Bureau international(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2016/142632 A1**(43) Date de la publication internationale  
15 septembre 2016 (15.09.2016) **WIPO | PCT**

- (51) Classification internationale des brevets :  
G10L 25/57 (2013.01) G06T 13/40 (2011.01)  
G06T 13/20 (2011.01) G10L 21/06 (2013.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2016/050547
- (22) Date de dépôt international :  
10 mars 2016 (10.03.2016)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :  
1552058 12 mars 2015 (12.03.2015) FR
- (71) Déposant : UNIVERSITE DE LORRAINE [FR/FR]; 34  
cours Léopold CS 25233, 54052 Nancy Cedex (FR).
- (72) Inventeurs : OUNI, Slim; 13 impasse Paul Fort, 54710  
Ludres (FR). GRIS, Guillaume; 8 rue des vergers, 67110  
Niederbronn Les Bains (FR).
- (74) Mandataire : CABINET NETTER; 36 avenue Hoche,  
75008 Paris (FR).
- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre  
de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,  
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,  
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,  
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,  
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,  
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG,  
MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM,  
PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC,  
SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,  
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre  
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,  
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ,  
TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU,  
TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,  
DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU,  
LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : IMAGE PROCESSING DEVICE

(54) Titre : DISPOSITIF DE TRAITEMENT D'IMAGE



(57) Abstract : Device comprising a memory (2) storing sound data, three-dimensional surface data, and a plurality of control data sets which represent control points defined by data of coordinates which are associated with sound data, and a processor (4) which, on the basis of first and second successive sound data, and of first three-dimensional surface data, selects the control data sets associated with the first and second sound data, and defines second three-dimensional surface data by applying a displacement to each point. The displacement of a given point is calculated as the sum of displacement vectors calculated for each control point on the basis of the sum of first and second vectors, weighted by the ratio between the result of a function with two variables exhibiting a zero limit at infinity applied to the given point and to the control point and the sum of the result of this function applied to the point on the one hand and to each of the control points on the other hand. The first vector represents the displacement of the control point between the first and the second second sound data. The second vector corresponds to the difference between the data of coordinates of the point and the data of coordinates of the control point in the first sound data, multiplied by a coefficient dependent on the gradient of the first vector.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]

**WO 2016/142632 A1**

SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG). **Publiée :**

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

---

Dispositif comprenant une mémoire (2) stockant des données de son, des données de surface en trois dimensions, et une pluralité de jeux de données de contrôle qui représentent des points de contrôle définis par des données de coordonnées qui sont associées à des données de son, et un processeur (4) qui, à partir de premières et secondes données de son successives, et de premières données de surface en trois dimensions, sélectionne les jeux de données de contrôle associés aux premières et secondes données de son, et définit de secondes données de surface en trois dimensions en appliquant un déplacement à chaque point. Le déplacement d'un point donné est calculé comme la somme de vecteurs déplacements calculés pour chaque point de contrôle à partir de la somme de premier et deuxième vecteurs, pondérée par le ratio entre le résultat d'une fonction à deux variables présentant une limite nulle à l'infini appliquée au point donné et au point de contrôle et la somme du résultat de cette fonction appliquée au point d'une part et à chacun des points de contrôle d'autre part. Le premier vecteur représente le déplacement du point de contrôle entre les premières et les secondes données de son. Le deuxième vecteur correspond à la différence entre les données de coordonnées du point et les données de coordonnées du point de contrôle dans les premières données de son, multiplié par un coefficient dépendant du gradient du premier vecteur.

## Dispositif de traitement d'image

L'invention concerne le domaine du traitement d'image et en particulier la génération d'animations automatiques synchronisées avec des voix et/ou des sons. Plus  
5 particulièrement, l'invention concerne l'animation de visages de manière réaliste.

Le domaine de l'animation des visages en synchronisation avec la parole est un domaine qui a connu de nombreux développements au fur et à mesure que la résolution des affichages a augmenté.

10

En effet, dans les premiers temps, un affichage à 8 bits ou à 16 bits ne laissait qu'un ou deux pixels pour réaliser la bouche d'un personnage dans la plupart des cas. La question de la synchronisation du visage avec un texte était alors d'autant plus facilement réglée qu'en général les pistes audios ne contenaient que de la musique au format midi, et que  
15 les dialogues étaient présentés sous forme de texte affiché sur l'écran.

Lorsque les capacités matérielles ont augmenté, il est devenu possible d'enregistrer les dialogues sous la forme de fichiers sonores reproduits, et la question de la synchronisation avec le visage du personnage est progressivement passée au premier  
20 plan.

Ce problème a été résolu par la numérisation des expressions faciales, en utilisant des points de contrôle utilisés pour animer l'ensemble du visage lors de la reproduction. Mais la résolution étant en constante augmentation, il a été nécessaire d'augmenter en  
25 parallèle le nombre de points de contrôle. En effet, pour un nombre de points de contrôle donné, l'animation est beaucoup plus crédible si la résolution est plus faible. Par exemple, si on utilise le même nombre de points de contrôle pour une résolution SD que pour une résolution HD, l'animation sera beaucoup plus crédible dans le premier cas que dans le deuxième.

30

Avec l'arrivée de l'Ultra HD, il n'est plus possible d'augmenter le nombre de points de contrôle permettant d'obtenir une animation suffisamment réaliste sans être

significativement pénalisé en termes de stockage et de puissance vidéo à développer. De plus, l'acquisition d'un nombre toujours plus grand de points de contrôle nécessite d'utiliser de nouvelles caméras à résolution plus élevée, ce qui est coûteux.

5 L'invention vient améliorer la situation.

À cet effet, l'invention propose un dispositif de traitement d'image comprenant une mémoire stockant des données de son, des données de surface en trois dimensions, ainsi qu'une pluralité de jeux de données de contrôle, chaque jeu de données de contrôle  
10 représentant une pluralité de points de contrôle définis par des données de coordonnées et étant associé à des données de son, et un processeur agencé, à partir de premières et secondes données de son successives, et de premières données de surface en trois dimensions, pour sélectionner les jeux de données de contrôle associés aux premières et secondes données de son, et pour définir de secondes données de surface en trois  
15 dimensions en appliquant un déplacement à chaque point des premières données de surface en trois dimensions.

Le déplacement d'un point donné des premières données de surface en trois dimensions est calculé comme la somme de vecteurs déplacements calculés pour chaque point de  
20 contrôle du jeu de données de contrôle associé aux premières données de son, chaque vecteur déplacement calculé pour un point de contrôle donné étant calculé à partir de la somme d'un premier vecteur et d'un deuxième vecteur, laquelle somme est pondérée par un poids calculé comme le ratio entre le résultat d'une fonction à deux variables présentant une limite nulle à l'infini appliquée au point donné et au point de contrôle  
25 donné et la somme du résultat de cette fonction appliquée au point donné d'une part et à chacun des points de contrôle du jeu de données de contrôle associé aux premières données de son d'autre part.

Le premier vecteur représente le déplacement de la position définie par les données de  
30 coordonnées du point de contrôle donné dans le jeu de données de contrôle associé aux premières données vers la position définie par les données de coordonnées du point de contrôle donné dans le jeu de données de contrôle associé aux secondes données de son,

et le deuxième vecteur correspond à la différence entre les données de coordonnées du point donné et les données de coordonnées du point de contrôle donné dans le jeu données de contrôle associé aux premières données de son, multiplié par un coefficient dépendant du gradient du premier vecteur.

5

Ce dispositif est particulièrement avantageux car il permet d'obtenir une animation dont la qualité est satisfaisante même pour un visage en très haute résolution, tout en utilisant un nombre de points de contrôle réduit.

10 Dans divers modes de réalisations particuliers, le dispositif peut présenter l'une ou la combinaison de plusieurs de caractéristiques suivantes :

- la fonction à deux variables associe à deux points une distance mathématique appliquée à ces deux points élevée à une puissance choisie,
- la distance mathématique est choisie dans un groupe comprenant la distance  
15 Euclidienne, la distance quadratique et la distance géodésique,
- la puissance choisie est inférieure ou égale à -1,
- le coefficient dépendant du gradient du premier vecteur est égal au gradient du premier vecteur,
- le coefficient dépendant du gradient du premier vecteur est égal au gradient du  
20 premier vecteur divisé par une valeur proportionnelle à la distance entre le point de donné et le point de contrôle donné,
- la valeur proportionnelle correspond au ratio de la distance entre le point de donné et le point de contrôle donné par une constante de déformation supérieure à 1, ce ratio étant élevé à une puissance choisie et ajouté de un,
- 25 - la puissance choisie est supérieure ou égale à 1,
- le ratio entre le nombre de points des données de surface en trois dimensions et le nombre de points dans un jeu de données de contrôle est supérieur à 50.

L'invention concerne également un produit de programme informatique, susceptible de  
30 coopérer avec un ordinateur pour mettre en œuvre le dispositif ci-dessus.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront mieux à la lecture de la description qui suit, tirée d'exemples donnés à titre illustratif et non limitatif, tirée des dessins sur lesquels :

- la figure 1 représente un schéma générique d'un dispositif selon l'invention, et
- 5 - la figure 2 représente un exemple de réalisation d'une fonction mise en œuvre par le dispositif de la figure 1, et
- la figure 3 représente un exemple de réalisation d'une fonction mise en œuvre dans la figure 2.

10 La présente description est de nature à faire intervenir des éléments susceptibles de protection par le droit d'auteur et/ou le copyright. Le titulaire des droits n'a pas d'objection à la reproduction à l'identique par quiconque du présent document de brevet ou de sa description, telle qu'elle apparaît dans les dossiers officiels. Pour le reste, il réserve intégralement ses droits.

15

Les dessins et la description ci-après contiennent, pour l'essentiel, des éléments de caractère certain. Ils pourront donc non seulement servir à mieux faire comprendre la présente invention, mais aussi contribuer à sa définition, le cas échéant.

20 La figure 1 représente un schéma générique d'un dispositif de simulation selon l'invention. Le dispositif comprend une mémoire 2, un processeur 4, un affichage 6 et un haut-parleur 8.

Dans le cadre de l'invention, la mémoire 2 peut être tout type de stockage de données  
25 propre à recevoir des données numériques : disque dur, disque dur à mémoire flash (SSD en anglais), mémoire flash sous toute forme, mémoire vive, disque magnétique, stockage distribué localement ou dans le cloud, etc. Les données calculées par le dispositif peuvent être stockées sur tout type de mémoire similaire à la mémoire 2, ou sur celle-ci. Ces données peuvent être effacées après que le dispositif ait effectué ses  
30 tâches ou conservées.

Les données stockées dans la mémoire 2 sont de plusieurs natures. Ainsi, la mémoire 2 reçoit des données de son, des données de surface en trois dimensions, des données de contrôle, et elle peut également recevoir des données intermédiaires servant aux calculs réalisés par le processeur 4.

5

Les données de son ne sont pas nécessairement des données sonores. Ainsi, les données de son peuvent être des identifiants associés à des données sonores, ou encore à des données textuelles représentant le son que l'on cherche à représenter par l'animation, ou encore des données sonores ou textuelles ou tout autre type de données qui permettent  
10 d'associer l'animation qui est produite avec un ensemble de sons correspondant.

Les données de surface en trois dimensions sont des données permettant de définir une surface que l'on souhaite animer de manière synchrone avec les données de son. Ces données peuvent être de toute nature dès lors qu'elles permettent de décrire  
15 complètement chaque point de la surface que l'on souhaite animer. Elles peuvent donc comprendre des données d'identifiant et une pluralité de données de points de cette surface. Les données de point peuvent être par exemple des données de coordonnées. Certaines portions ou la totalité de la surface peuvent également être définies par des équations reliant les points entre eux. Les données de coordonnées peuvent également  
20 être définies de manière absolue ou relative, par rapport à un point de référence de la surface par exemple.

Les données de contrôle sont assemblées en jeux. Ces jeux contiennent des données qui désignent des coordonnées de points dits de contrôle. Ces points de contrôle sont pris  
25 sur la surface en trois dimensions, et servent de référence en rapport à des données de son. Ainsi, chaque jeu de données de contrôle définit l'emplacement des points de contrôle de la surface en trois dimensions pour des données de son auxquelles le jeu de données de contrôle est associé.

30 Le processeur 4 peut être tout processeur adapté au calcul d'une animation synchronisée avec une reproduction de sons sous forme sonore ou textuelle. Il peut être réalisé de toute manière connue, sous la forme d'un microprocesseur pour ordinateur personnel,

d'une puce dédiée de type FPGA ou SoC (« system on chip » en anglais), d'une ressource de calcul sur une grille, d'un microcontrôleur, ou de toute autre forme propre à fournir la puissance de calcul nécessaire à la réalisation décrite plus bas.

5 L'affichage 6 peut être tout type d'affichage pouvant être relié au processeur 4 pour une reproduction visuelle de l'animation d'un visage (ou d'une autre surface) de manière synchrone avec des données de son, ainsi que les données de son lorsque celles-ci sont de nature textuelle. Le haut-parleur 8 peut être tout type de dispositif adapté à la reproduction sonore de données de son de type sonore.

10

La figure 2 représente un exemple de mise en œuvre d'une fonction par le dispositif pour animer une surface en trois dimensions de manière synchrone avec des données de son.

15 Dans une première opération 200, le processeur 4 exécute une fonction Init(). La fonction Init() a pour fonction l'initialisation de la fonction d'animation, c'est-à-dire la récupération des données de son successives, des données de surface en trois dimensions et des données de contrôle associées aux données de son à partir de la mémoire 2.

20

Selon les variantes, et comme décrit plus haut, les données de son pourront être textuelles ou sonores, et pourront éventuellement être extraites d'autres données. Dans l'exemple décrit ici, les données de surface en trois dimensions et les données de contrôle associées aux données de son qui sont les premières dans la succession de  
25 données de son sont sensiblement correspondantes, de sorte que les points des premières données de contrôle ont des coordonnées qui sont sensiblement identiques aux coordonnées de ces points dans les données de surface en trois dimensions. Ainsi, les données de surface en trois dimensions ont une bonne correspondance avec les premières données de contrôle.

30

En variante, la mémoire 2 peut comprendre plusieurs données de surface en trois dimensions pour une surface en trois dimensions donnée, et le processeur 4 exécute une

fonction pour choisir celles de ces données qui correspondent le mieux aux premières données de contrôle. Cela peut être fait de diverses manières, par exemple par désignation manuelle, par optimisation d'une distance, ou par application d'un bruit Gaussien et détermination d'un minimum local, ou autre.

5

Plusieurs boucles commencent alors. Ces boucles visent à calculer, pour chaque point des données de surface en trois dimensions, un déplacement qui est la somme de vecteurs déplacements calculés à partir du point des données de surface courant et de chacun des points de contrôle des données de contrôle.

10

Ainsi, dans une opération 202, la fonction d'animation débute par l'initialisation d'un indice  $t$  qui désigne la position des données de son dans la succession de données de son, puis dans une opération 204, un indice  $k$  est initialisé pour parcourir l'ensemble des points des données de surface en trois dimensions, et dans une opération 206, un indice  $i$  est initialisé pour parcourir les points de contrôle. Dans l'exemple décrit ici, la succession de données de son comprend  $T$  éléments, les données de surface en trois dimensions comprennent  $K$  points, et les données de contrôle comprennent  $I$  points. Dans ce qui suit, les points des données de contrôle sont désignés par la lettre  $X$ , et les points des données de surface en trois dimensions sont désignés par la lettre  $Y$ . Une variable de sommation  $f(t,k)$  est également initialisée à 0 dans une opération 205, entre les opérations 204 et 206. Cette variable sera décrite plus bas.

25

Les indices  $t$ ,  $k$  et  $i$  définissent trois boucles imbriquées. La première boucle, basée sur l'indice  $i$ , va permettre de calculer les éléments nécessaires au calcul du déplacement d'un point des données de surface en trois dimensions d'indice  $k$ , pour l'instant d'indice  $t$ . La deuxième boucle, basée sur l'indice  $k$ , va permettre de répéter le calcul de la première boucle d'indice  $i$ , pour chaque point des données de surface en trois dimensions. Enfin, la troisième boucle, basée sur l'indice  $t$ , va permettre de répéter le calcul de la deuxième boucle d'indice  $k$ , pour chaque instant des données de son successives.

30

La première boucle commence dans une opération 208 par le calcul d'un vecteur  $U(t,i)$  qui correspond au déplacement du point de contrôle d'indice  $i$  entre les instants successifs désignés par les indices  $t-1$  et  $t$ . Pour cela, le vecteur  $U(t,i)$  est calculé comme la différence des données de coordonnées du point de contrôle  $X(t,i)$  associées au point de contrôle d'indice  $i$  dans les données de contrôle associées aux données de son d'indice  $t$ , et des données de coordonnées du point de contrôle  $X(t-1,i)$  associées au point de contrôle d'indice  $i$  dans les données de contrôle associées aux données de son d'indice  $t-1$ .

10 Ensuite, dans une opération 210, un scalaire  $g_u(t,i)$  est calculé par une fonction  $\text{grad}()$ . Le scalaire  $g_u(t,i)$  est un coefficient dépendant du gradient du vecteur  $U(t,i)$ . Dans une première variante, la fonction  $\text{grad}()$  calcule le gradient du vecteur  $U(t,i)$ . Dans une seconde variante, la fonction  $\text{grad}()$  calcule le gradient du vecteur  $U(t,i)$ , et le divise par un coefficient proportionnel à la distance entre le point de contrôle  $X(t-1,i)$  et le point des données de surface en trois dimensions courant  $Y(t-1,k)$ . Cette deuxième variante 15 vise à éviter une divergence lorsque les points  $Y(t-1,k)$  et  $X(t-1,i)$  sont très éloignés.

Ensuite, dans une opération 212, une fonction  $f()$  est appliquée aux points  $Y(t-1,k)$  et  $X(t-1,i)$ , afin de calculer une première partie d'un coefficient de pondération. Dans 20 l'exemple décrit ici, la fonction  $f()$  calcule l'inverse de la distance entre les points  $Y(t-1,k)$  et  $X(t-1,i)$  élevée au carré. Il convient de noter que le mot « distance » doit être entendu au sens mathématique du terme. Selon les variantes, la distance retenue pourra être la distance quadratique, la distance Euclidienne, ou encore une distance qui reflète la topologie de la surface en trois dimensions comme la distance géodésique, une 25 distance tirée de la distance géodésique ou une autre distance connexe appropriée. D'une manière générale, la fonction  $f()$  est choisie de sorte qu'elle forme une fonction continue décroissante dont la limite est nulle à l'infini.

Dans une opération 214, la variable de sommation  $f(t,k)$  est mise à jour en lui ajoutant la 30 valeur  $f(t,k,i)$  déterminée à l'opération 212. Comme on le verra avec la figure 3, la fonction  $f()$  et la variable de sommation  $f(t,k)$  permettent de définir une fonction de

pondération qui varie en fonction des points de contrôle, qui est continue, qui converge à l'infini, et qui vaut 1 à chaque point de contrôle considéré.

La première boucle se termine dans une opération 216 dans lequel l'indice  $i$  est comparé  
5 au nombre de points de contrôle  $I$ . S'il reste des points de contrôle à parcourir, alors l'indice  $i$  est incrémenté dans une opération 218 et la première boucle reprend avec l'opération 206. Sinon, la première boucle se termine et la deuxième boucle courante se termine avec le calcul du déplacement du point  $X(t,k)$  par une fonction  $Mv(t,k)$  dans une opération 220.

10

La figure 3 représente un exemple de mise en œuvre de la fonction  $Mv(t,k)$ .

Lorsque tous les points de contrôle ont été parcourus, on obtient donc pour une deuxième boucle d'indice  $k$  donné :

- 15
- une pluralité de vecteurs de déplacement de point de contrôle  $U(t,i)$ ,
  - une pluralité de coefficients liés au gradient de ces vecteurs  $gu(t,i)$ ,
  - une pluralité de coefficients  $f(t,k,i)$  liés à la distance entre le point courant  $Y(t,k)$  et chaque point de contrôle  $X(t,i)$ , et
  - une variable  $f(t,k)$  qui contient la somme de tous les coefficients  $f(t,k,i)$ .

20

Tous ces éléments vont permettre de calculer le déplacement d'un point des données de surface en trois dimensions entre un instant  $t-1$  et un instant  $t$ .

Pour cela, dans une opération 300, le point d'indice  $k$  à l'instant  $t$ , c'est-à-dire  $Y(t,k)$  est  
25 défini avec les coordonnées de ce même point à l'instant  $t-1$ , c'est-à-dire des données de coordonnées du point  $Y(t-1,k)$ .

Ensuite, une boucle va parcourir tous les points de contrôle pour ajouter chaque vecteur déplacement. Pour cela, l'indice  $i$  est initialisé à 0 dans une opération 310.

30

Dans chaque itération de la boucle, un vecteur déplacement lié au point de contrôle d'indice  $i$  courant est calculé. Ce vecteur déplacement correspond à la somme du

vecteur déplacement du point de contrôle  $U(t,i)$  et d'un vecteur qui correspond à la différence entre le point  $Y(t-1,k)$  et le point de contrôle  $X(t-1,i)$  courant.

Ainsi, dans une opération 320, le vecteur  $V(t,k,i)$  qui correspond à la différence entre le point  $Y(t-1,k)$  et le point de contrôle  $X(t-1,i)$  courant est calculé par différence des données de coordonnées respectives de ces points.

Ensuite, dans une opération 330, le vecteur  $U(t,i)$  et le vecteur  $V(t,k,i)$  multiplié par le scalaire  $g_u(t,i)$  sont additionnés pour définir un vecteur déplacement non pondéré  $W(t,k,i)$  associé au point de contrôle d'indice  $i$ .

Dans une opération 340, le vecteur déplacement non pondéré  $W(t,k,i)$  est pondéré par une valeur correspondant au ratio entre le coefficient  $f(t,k,i)$  liant le point de contrôle d'indice  $i$  et le point des données de surface en trois dimensions d'indice  $k$ , et la variable de sommation  $f(t,k)$  qui contient la somme des coefficients  $f(t,k,i)$ .

Enfin, dans une opération 350, la fonction  $Mv(t,k)$  détermine si tous les indices  $i$  ont été parcourus. S'il reste des points de contrôle à parcourir, alors l'indice  $i$  est incrémenté dans une opération 360 et la boucle reprend dans l'opération 320. Sinon la fonction  $Mv()$  se termine dans une opération 370 avec le stockage du nouveau point  $Y(t,k)$  dont les données de coordonnées viennent d'être calculées.

Ainsi, pour chaque indice  $i$ , l'opération 340 déplace le point  $Y(t,k)$  par un vecteur déplacement lié au point de contrôle d'indice  $i$  qui présente la formule suivante :

$$\frac{f(t, k, i)}{\sum_j f(t, k, j)} \left( \overrightarrow{U(t, i)} + g_u(t, i) * \overrightarrow{Y(t-1, k) - X(t-1, i)} \right)$$

Pour simplifier, on peut définir la fonction de pondération liée au point de contrôle :

$$w(t, i, k) = \frac{f(t, k, i)}{\sum_j f(t, k, j)}$$

Lorsque tous les points de contrôle ont été parcourus, on a alors :

$$\overrightarrow{Y(t,k)Y(t-1,k)} = \sum_i w(t,i) \left( \overrightarrow{U(t,i)} + g u(t,i) * \overrightarrow{Y(t-1,k)X(t-1,i)} \right)$$

Or, soit  $Z()$  le champ de déplacement des points  $Y$ . On peut réécrire ce champ de déplacement d'indice  $k$  entre des instants  $t-1$  et  $t$  comme la somme pondérée des déplacements des points de contrôle  $X(t-1,i)$  :

$$\overrightarrow{Z(Y,t-1,t,k)} = \sum_i z(t,i,k) \left( \overrightarrow{Z(X,t-1,i)} + (Y((t-1,k) - X(t-1,i))) \right)$$

où les  $z(t,i,k)$  forment une pluralité de fonctions de pondération telles que  $z(Y,t,i)$  vaut 1 si  $Y$  est le point de contrôle  $X(t-1,i)$ , et telles que pour tout point  $Y$ ,  $\sum_i z(Y,t,i) = 1$

En faisant un développement limité autour de chaque point de contrôle  $X(t-1,i)$  cela donne :

$$\begin{aligned} \overrightarrow{Z(Y,t-1,t,k)} &= \sum_i z(Y,t,i) \left( \overrightarrow{Z(X,t-1,i)} + \text{Grad}(\overrightarrow{Z(X,t-1,i)}) \right. \\ &\quad \left. * \overrightarrow{Y(t-1,k)X(t-1,i)} + o(\|Y(t-1,k)X(t-1,i)\|) \right) \end{aligned}$$

15 Soit :

$$\begin{aligned} \overrightarrow{Y(t,k)Y(t-1,k)} &= \sum_i z(t,i) \left( \overrightarrow{X(t,i) - X(t-1,i)} + g u(t,i) * \overrightarrow{Y(t-1,k)X(t-1,i)} \right. \\ &\quad \left. + o(\|Y(t-1,k)X(t-1,i)\|) \right) \end{aligned}$$

Or, en utilisant la définition de la fonction  $f()$ , on obtient une correspondance entre la pondération  $w(t,i,k)$  et les fonctions  $z(Y,t,i)$ .

Le point  $Y(t,k)$  calculé par la fonction  $Mv()$  correspond donc bien au déplacement du point  $Y(t-1,k)$  au voisinage des points de contrôle dont le déplacement est connu.

La première variante de la fonction  $f()$  revient à négliger le terme  $o(\|Y(t-1, k)X(t-1, i)\|)$ .

La deuxième variante de la fonction  $f()$  permet de tenir compte du terme  $o(\|Y(t-1, k)X(t-1, i)\|)$ , et peut s'écrire comme suit lorsque tous les points de contrôle ont été parcourus :

$$\overline{Y(t, k)Y(t-1, k)} = \sum_i w(t, i) \left( \overline{U(t, i)} + \frac{\text{Grad}(\overline{U(t, i)}) * \overline{Y(t-1, k)X(t-1, i)}}{1 + \|\overline{Y(t-1, k)X(t-1, i)}\|^\alpha / R^\alpha} \right)$$

où  $\alpha$  est un coefficient réel supérieur à 1 et  $R$  est une distance caractérisant la résistance à la déformation de la surface en trois dimensions.

Une fois la fonction  $Mv()$  terminée, la deuxième boucle se termine est un test sur l'indice  $k$  dans une opération 222. S'il reste des points des données de surface en trois dimensions à parcourir, alors l'indice  $k$  est incrémenté dans une opération 224, et la deuxième boucle reprend avec la mise à 0 de la variable de sommation  $f(t, k)$  dans l'opération 205 et l'exécution de la première boucle pour le nouvel indice  $k$ .

Si tous les points des données de surface en trois dimensions ont été parcourus, alors une fonction  $Anim()$  est exécutée dans une opération 228. La fonction  $Anim()$  va générer l'animation de la surface en trois dimensions définie par les points  $Y$  entre les instants  $t-1$  et  $t$ . Cette animation peut être réalisée de diverses manières. Dans l'exemple décrit ici, pour une seconde de données de son, la mémoire 2 contient 250 données de son et 250 jeux de données de contrôle associés. La fonction  $Anim()$  consiste donc à afficher successivement les images calculées.

25

Selon une première variante, plusieurs positions intermédiaires sont calculées par interpolation pour chaque point  $Y$  entre les instants  $t-1$  et  $t$  en fonction de la durée des données de son associées et des données de coordonnées de chaque point  $Y$  aux instants  $t-1$  et  $t$ . Le processeur assure l'affichage des images interpolées en synchronisation avec la reproduction des données de son correspondantes. Selon d'autres variantes, d'autres

30

méthodes d'interpolation peuvent être utilisées comme une interpolation linéaire ou une interpolation basée sur des splines. Le choix de la méthode d'interpolation dépendra notamment du type de surface à animer et de l'animation considérée. Dans encore une autre variante, par exemple lorsque les données de son successives représentent des  
5 instants très proches, aucune interpolation n'est réalisée, et il est simplement passé des données de surface en trois dimensions à l'instant  $t-1$  aux données de surface en trois dimensions à l'instant  $t$ .

Ensuite, dans une opération 230, le processeur 4 détermine si toutes les données de son  
10 ont été parcourues, et donc si la troisième boucle est terminée. Si ce n'est pas le cas, l'indice  $t$  est incrémenté dans une opération 232 et la troisième boucle recommence avec l'initialisation d'une deuxième boucle avec l'opération 204. Sinon, l'animation se termine dans une opération 234.

15 Les données de surface en trois dimensions sont donc calculées et animées de proche en proche, et en synchronisation avec les données de son par le biais des données de contrôle qui représentent un nombre réduits de points de la surface en trois dimensions pour chacune des données de son. Ainsi, à partir d'un nombre réduit de points de  
20 contrôle (21 dans l'exemple décrit ici), il devient possible d'animer une surface, par exemple le visage d'un personnage, de manière réaliste, même avec une très haute résolution d'affichage (pour un visage, 8 000 points dans l'exemple décrit ici), et avec un coût de calcul et de stockage réalistes. Ainsi, le ratio nombre de points de la surface en trois dimensions sur nombre de points de contrôle peut être supérieur à 50, 150, voire supérieur à 300.

25

Comme mentionné plus haut, ces données peuvent être des données qui permettent d'associer l'animation qui est produite avec un ensemble de sons correspondant. Plus généralement, les données de son peuvent être vues comme des données qui organisent dans le temps l'animation de la surface en trois dimensions.

30

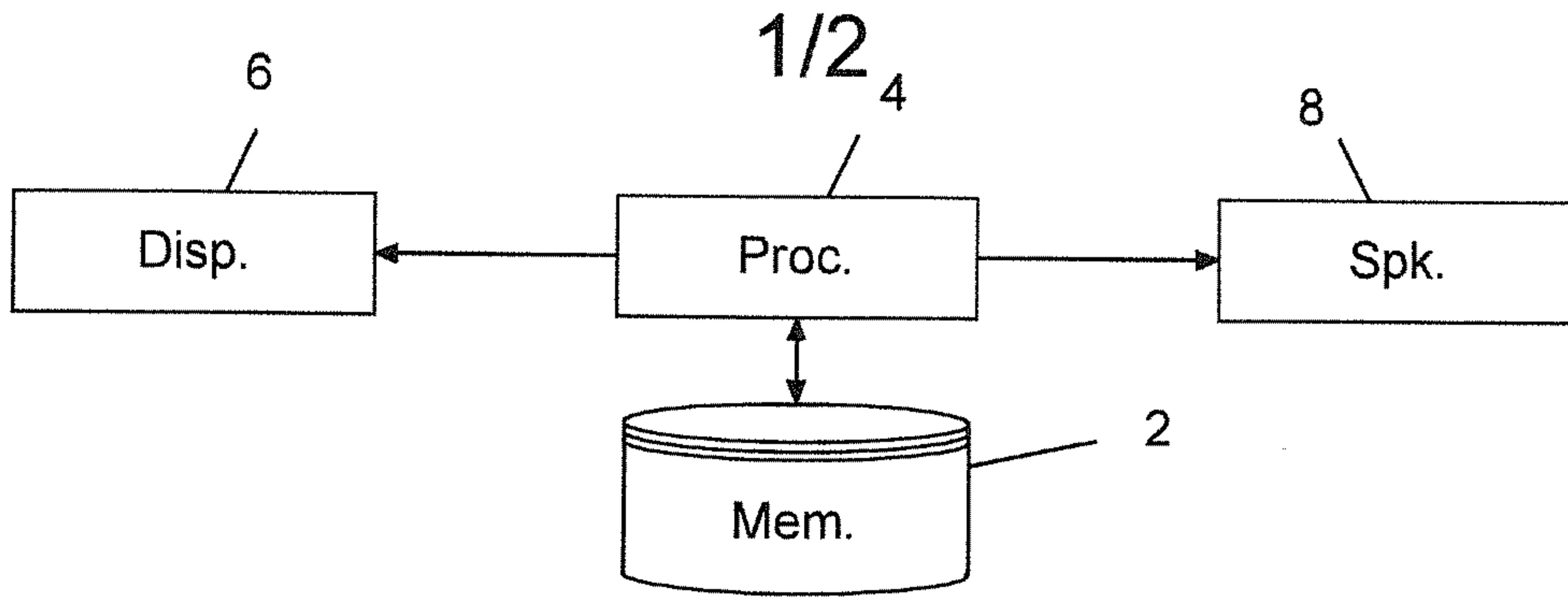
## Revendications

1. Dispositif de traitement d'image, comprenant une mémoire (2) stockant des données de son, des données de surface en trois dimensions, ainsi qu'une pluralité de jeux de données de contrôle, chaque jeu de données de contrôle représentant une pluralité de points de contrôle définis par des données de coordonnées et étant associé à des données de son, et un processeur (4) agencé, à partir de premières et secondes données de son successives, et de premières données de surface en trois dimensions, pour sélectionner les jeux de données de contrôle associés aux premières et secondes données de son, et pour définir de secondes données de surface en trois dimensions en appliquant un déplacement à chaque point des premières données de surface en trois dimensions, le déplacement d'un point donné des premières données de surface en trois dimensions étant calculé comme la somme de vecteurs déplacements calculés pour chaque point de contrôle du jeu de données de contrôle associé aux premières données de son, chaque vecteur déplacement calculé pour un point de contrôle donné étant calculé à partir de la somme d'un premier vecteur et d'un deuxième vecteur, laquelle somme est pondérée par un poids calculé comme le ratio entre le résultat d'une fonction à deux variables présentant une limite nulle à l'infini appliquée au point donné et au point de contrôle donné et la somme du résultat de cette fonction appliquée au point donné d'une part et à chacun des points de contrôle du jeu de données de contrôle associé aux premières données de son d'autre part, le premier vecteur représentant le déplacement de la position définie par les données de coordonnées du point de contrôle donné dans le jeu de données de contrôle associé aux premières données vers la position définie par les données de coordonnées du point de contrôle donné dans le jeu de données de contrôle associé aux secondes données de son, et le deuxième vecteur correspondant à la différence entre les données de coordonnées du point donné et les données de coordonnées du point de contrôle

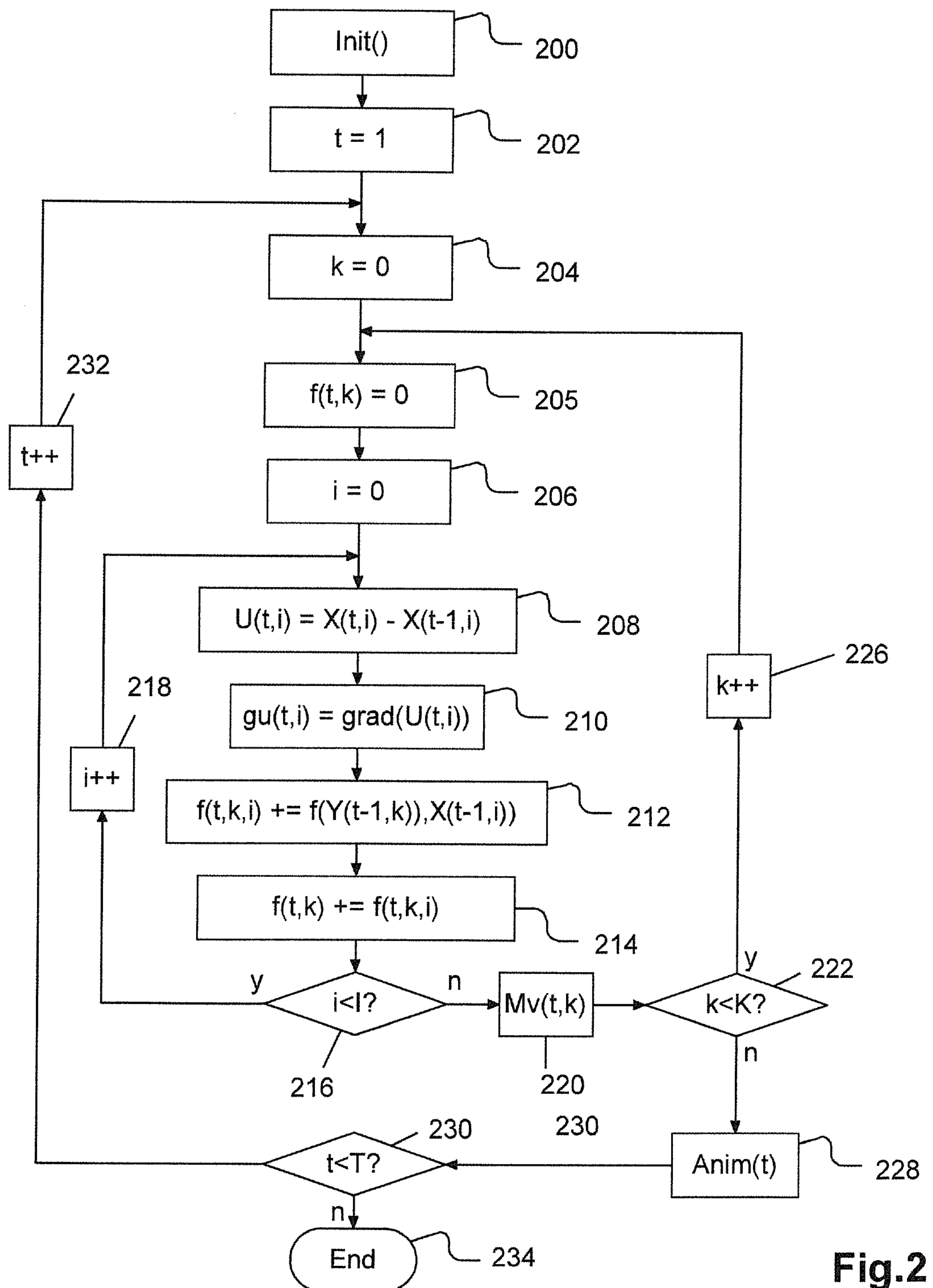
donné dans le jeu données de contrôle associé aux premières données de son, multiplié par un coefficient dépendant du gradient du premier vecteur.

2. Dispositif selon la revendication 1, dans lequel la fonction à deux variables  
5 associe à deux points une distance mathématique appliquée à ces deux points élevée à une puissance choisie.
3. Dispositif selon la revendication 2, dans lequel la distance mathématique est  
10 choisie dans un groupe comprenant la distance Euclidienne, la distance quadratique et la distance géodésique.
4. Dispositif selon la revendication 2 ou 3, dans lequel la puissance choisie est inférieure ou égale à -1.
- 15 5. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le coefficient dépendant du gradient du premier vecteur est égal au gradient du premier vecteur.
- 20 6. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel le coefficient dépendant du gradient du premier vecteur est égal au gradient du premier vecteur, divisé par une valeur proportionnelle à la distance entre le point de donné et le point de contrôle donné.
- 25 7. Dispositif selon la revendication 6, dans lequel la valeur proportionnelle correspond au ratio de la distance entre le point de donné et le point de contrôle donné par une constante de déformation supérieure à 1, ce ratio étant élevé à une puissance choisie et ajouté de un.
- 30 8. Dispositif selon la revendication 7 dans lequel la puissance choisie est supérieure ou égale à 1.

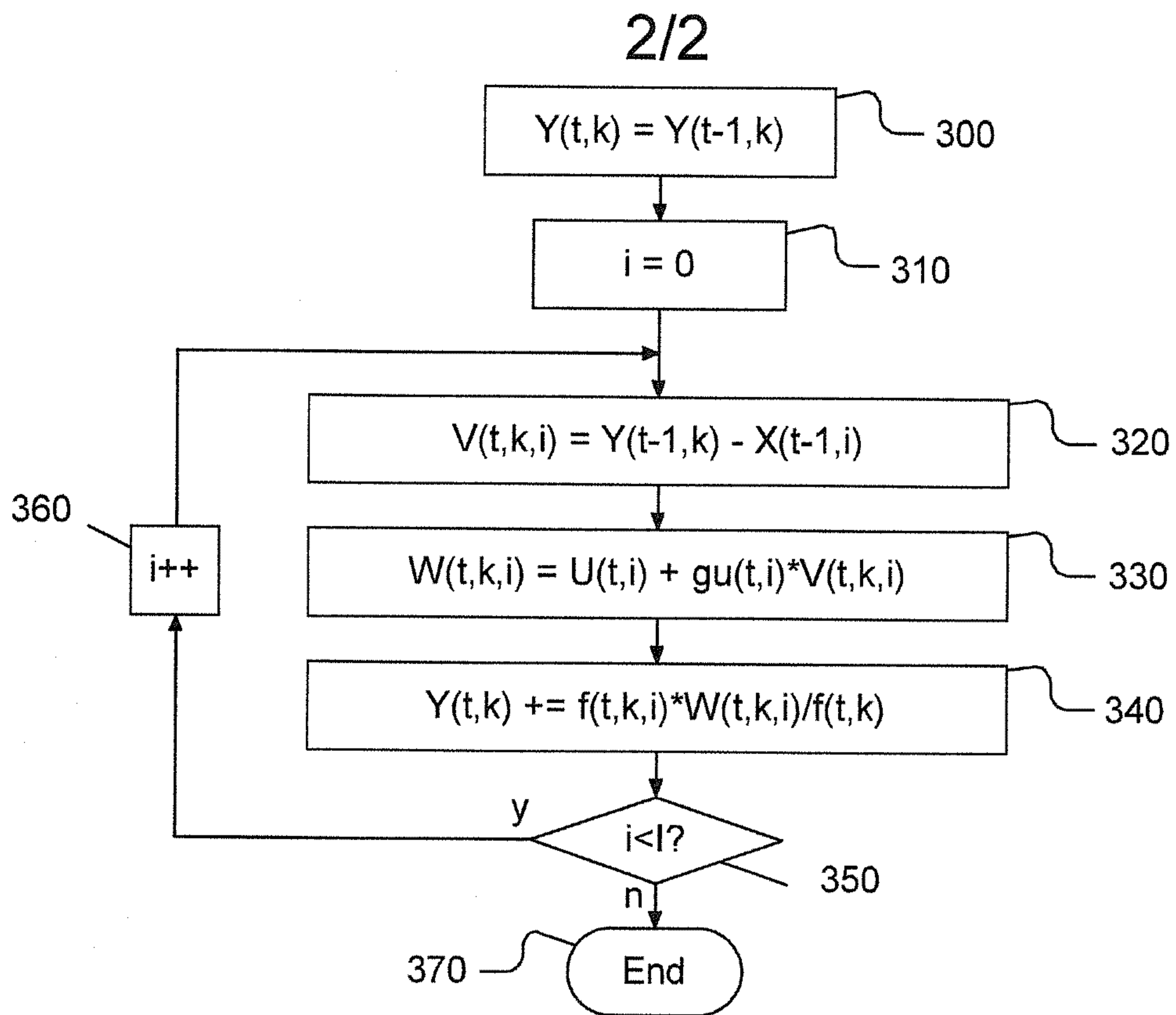
9. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le ratio entre le nombre de points des données de surface en trois dimensions et le nombre de points dans un jeu de données de contrôle est supérieur à 50.
- 5
10. Produit de programme informatique, susceptible de coopérer avec un ordinateur pour mettre en œuvre le dispositif selon l'une des revendications 1 à 9.

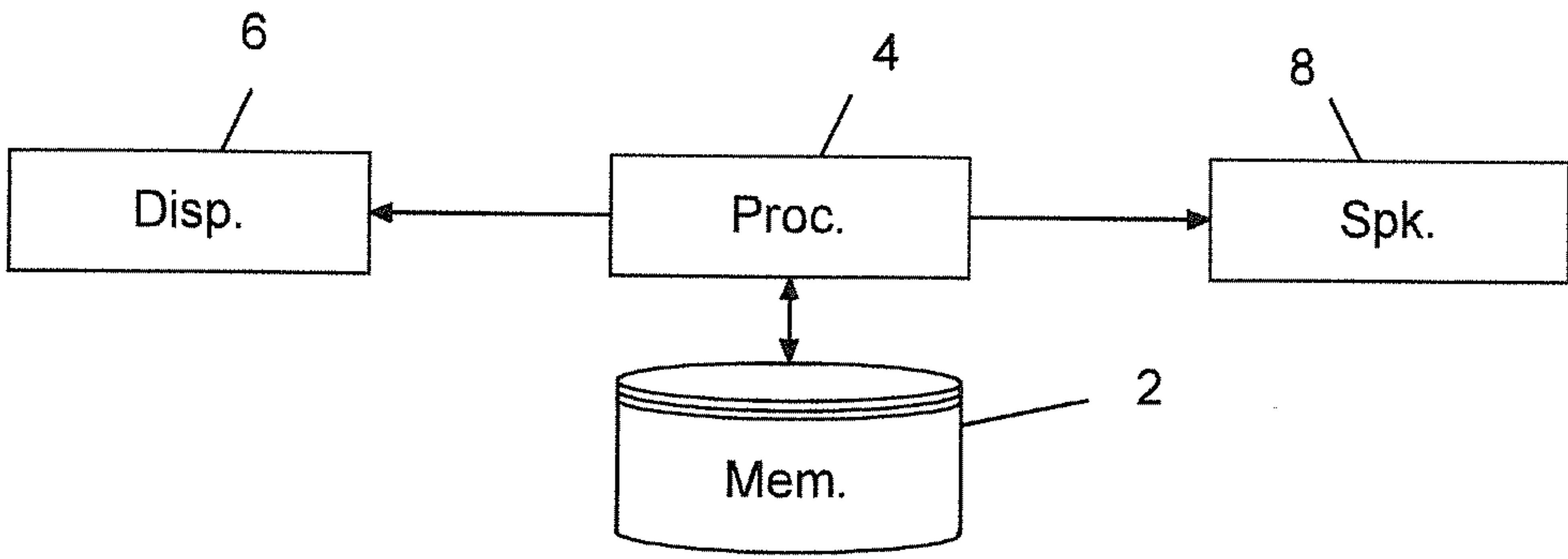


**Fig.1**

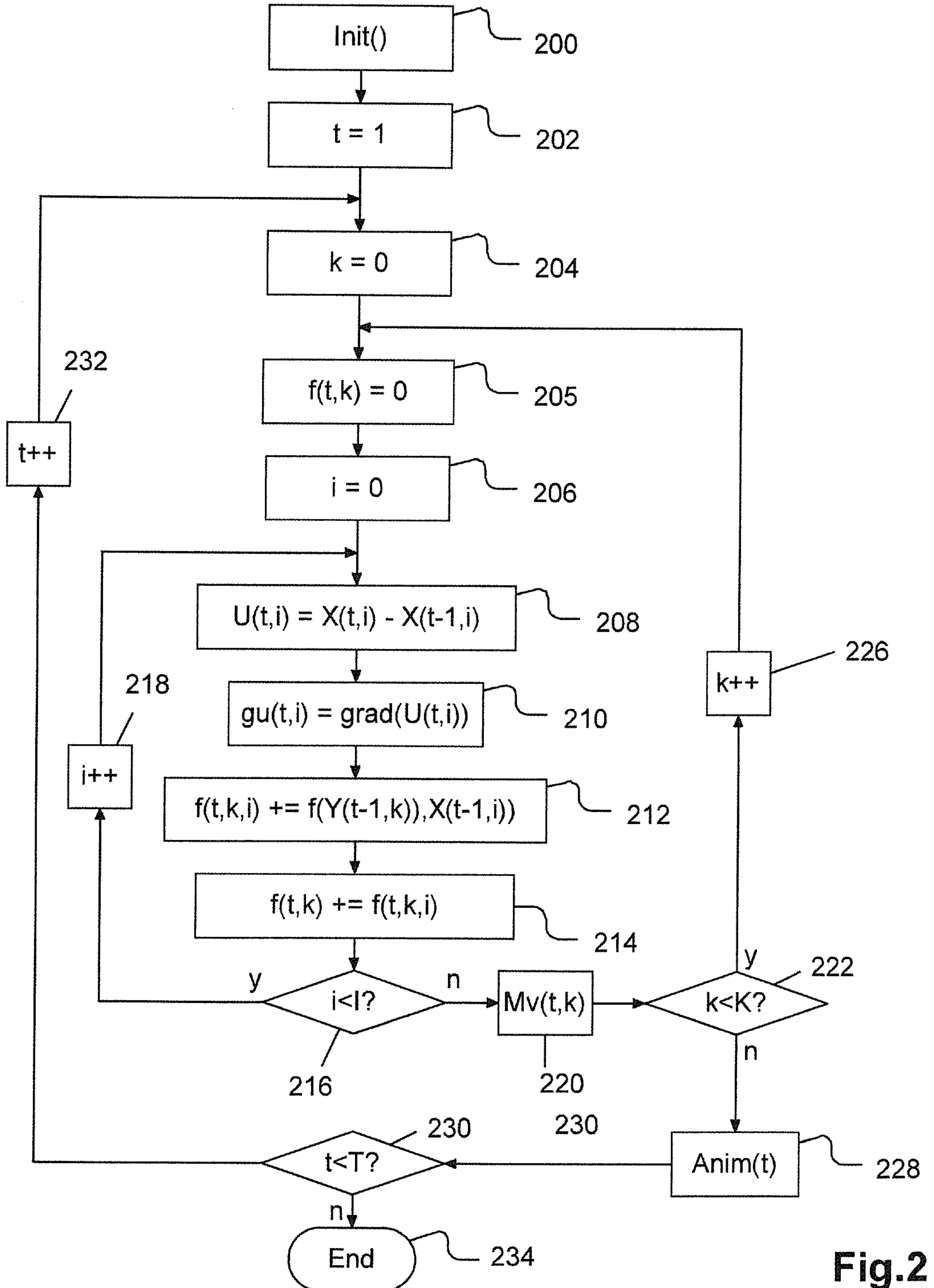


**Fig.2**

**Fig.3**



**Fig.1**



**Fig.2**