

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

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
27 avril 2006 (27.04.2006)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2006/042976 A1

(51) Classification internationale des brevets :
G06T 17/20 (2006.01)

Domaine de Voluceau, BP 105, Rocquencourt, F-78153
Le Chesnay Cedex (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2005/002608

(72) Inventeurs; et

(22) Date de dépôt international :
20 octobre 2005 (20.10.2005)

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **CUNY, François** [FR/FR]; 23, rue de la Ceresaie, F-92150 Suresnes (FR). **LEVY, Bruno** [FR/FR]; 18, rue de Nancy, F-54110 Rosières aux Salines (FR).

(25) Langue de dépôt : français

(74) Mandataire : **BREESÉ DERAMBURE MAJEROW-ICZ**; 38, avenue de l'Opéra, F-75002 Paris (FR).

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0411154 20 octobre 2004 (20.10.2004) FR

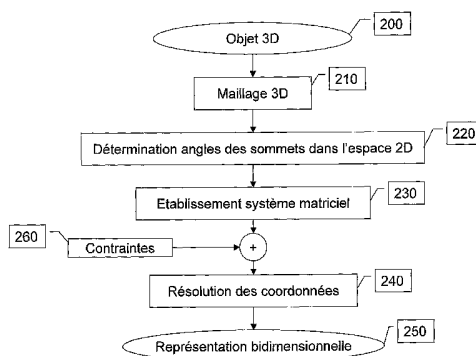
(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,

(71) Déposants (pour tous les États désignés sauf US) : **VSP TECHNOLOGY** [FR/FR]; 198, avenue de Verdun, F-92130 Issy-les-Moulineaux (FR). **INRIA** [FR/FR];

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD FOR CONSTRUCTING A TWO-DIMENSIONAL FORM FROM A THREE-DIMENSIONAL FORM

(54) Titre : PROCEDE DE CONSTRUCTION D'UNE FORME BIDIMENSIONNELLE A PARTIR D'UNE FORME TRIDI-MENSIONNELLE



200. 3D OBJECT
210. 3D MESH GENERATION
220. DETERMINATION OF ANGLES OF SUMMITS IN 2D SPACE
230. ESTABLISHMENT OF MATRIX SYSTEM
240. RESOLUTION OF COORDINATES
250. TWO-DIMENSIONAL REPRESENTATION
260. CONSTRAINTS

(57) Abstract: The invention relates to the unfolding of three-dimensional forms. The invention relates to a method for constructing a two-dimensional representation from a three-dimensional form, consisting in the following: a first stage in which the three-dimensional form is digitally represented in a faceted manner; a stage determining the values of the angles at the summits of each facet on the two-dimensional plane associated with said representation; a stage involving digital reconstruction of the coordinates of the summits of the two-dimensional representation, using technical means of digital calculation comprising at least one RAM-type memory and a processor. The invention is characterized in that the digital reconstruction stage is total and gives the values of all the coordinates in a simultaneous manner.

(57) Abrégé : La présente invention se rapporte au domaine du dépliage de formes tridimensionnelles. La présente invention se rapporte à un procédé de construction d'une représentation bidimensionnelle à partir d'une forme tridimensionnelle comprenant : Une première étape de représentation numérique facétisée de ladite forme tridimensionnelle ; Une étape de détermination des valeurs des angles aux sommets de chaque facette dans le plan bidimensionnel associé à ladite représentation ; Une étape

[Suite sur la page suivante]

WO 2006/042976 A1



OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

- (84) **États désignés** (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

- avec rapport de recherche internationale
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

PROCEDE DE CONSTRUCTION D'UNE FORME BIDIMENSIONNELLE
A PARTIR D'UNE FORME TRIDIMENSIONNELLE

5 La présente invention se rapporte au domaine du dépliage de formes 3D (tridimensionnelles).

 La présente invention concerne plus particulièrement un procédé robuste de construction d'une
10 forme bidimensionnelle à partir d'une forme 3D en utilisant le dépliage de forme basé sur les angles.

 L'art antérieur connaît déjà, par le brevet américain US 6 064 394 (Autodesk), un procédé, un
15 dispositif et un article de conception de textures quadrillant les surfaces d'un objet dans un système graphique 3D, de telle sorte que la taille de la texture soit préservée et que la texture s'enroule autour des surfaces incurvées. Un ou plusieurs triangles sont choisis
20 dans un maillage arbitraire de triangles. Un plan normal et une origine du plan normal sont déterminés pour chacun des triangles choisis. La surface du triangle choisi est calquée avec la texture en utilisant le plan normal et l'origine. Cette solution propose une technique itérative
25 de dépliage considérant les triangles du maillage les uns après les autres. Il en résulte une certaine instabilité numérique dans la résolution de maillages complexes.

 L'art antérieur connaît également, par le
30 brevet américain US 6 271 856 (Venkat Krishnamurthy), un procédé de création d'une paramétrisation d'une surface d'entrée dans un système informatique graphique 3D. Le procédé comprend une étape de spécification d'une pluralité de courbes frontière sur la surface de sorte à définir un
35 ensemble de pièces de la surface. Les courbes frontières

sont typiquement déterminées en utilisant une procédure de création de courbes interactive avec l'utilisateur, mais peuvent aussi être déterminées de façon automatique. Le procédé génère alors automatiquement une paramétrisation de
5 l'ensemble de pièces de telle sorte qu'une fonction discrète d'énergie d'ordre supérieur définie sur la surface soit minimisée sous les contraintes que les iso-courbes de la paramétrisation soient attirées pour suivre les courbes. Le procédé est utile pour la conversion de maillages
10 polygonaux irréguliers denses en modèles de surface qui conviennent à la modification ou l'animation interactives.

L'art antérieur connaît également, par la demande de brevet américain US 2003 / 206 165 (Hugues
15 Hoppes et al.), un procédé et un système d'optimisation de l'étirement géométrique d'un schéma de paramétrisation. Etant donné un maillage arbitraire, le système et le procédé construisent un maillage progressif (PM) de sorte que tous les maillages dans la séquence PM partagent une
20 paramétrisation de texture commune.

On connaît également, par la publication « *parameterization of faceted surfaces for meshing using angle-based flattening* » (Alla Sheffer et al. – Université
25 de l'Illinois), un procédé de dépliage d'une forme 3D en une forme 2D, quelque peu similaire au brevet US 6 064 394, et se basant sur les angles des triangles du maillage. Cette technique permet, à partir d'une représentation facétisée en triangles d'une forme 3D, de reconstruire la
30 représentation bidimensionnelle de la forme. Cette solution réalise une itération de la résolution des coordonnées des angles des triangles, les uns après les autres entraînant de la sorte la propagation des erreurs et approximations. En effet, les itérations réalisent des opérations de
35 divisions de nombre. Les résultats sont mal supportés

(c'est-à-dire arrondis) puisque les registres contenant les variables des systèmes informatiques sont limités. Cette limitation est d'autant plus vraie que les résolutions de dépliage sont effectuées par des systèmes informatiques utilisant des approximations (par exemple, nombres flottants). Ainsi pour des formes 3D très complexes (par exemple, un volant de voiture mappé avec un maillage de plus de 10000 triangles), les résultats obtenus sont très médiocres.

10

L'architecture des processeurs actuels met en œuvre des registres de taille limitée. Cette limitation résulte des contraintes physiques sur la réalisation de circuit, et pour pallier ces contraintes techniques, les systèmes informatiques utilisent des approximations de valeur par des flottants. Les procédés de l'art antérieur accumulent ces approximations provoquant des erreurs, voire des aberrations sur les résultats obtenus. La figure 4 (c) illustre l'aberration du résultat obtenu par dépliage itératif du dromadaire (a).

20

Pour répondre à ces approximations en raison des contraintes physiques, l'invention permet de supprimer les aberrations résultantes lors de dépliage de formes tridimensionnelles.

25

Le problème résolu par la présente invention est de diminuer grandement les aberrations obtenues dans les traitements graphiques et de calcul dont les registres présentent des capacités limitées, tout en conservant les systèmes informatiques actuels qui sont bon marché.

30

La présente invention entend remédier aux inconvénients de l'art antérieur en proposant un procédé de construction d'une forme bidimensionnelle à partir d'une

35

forme 3D réalisant une reconstruction numérique globale de la forme.

Le procédé selon la présente invention répond
5 particulièrement bien aux attentes de l'industrie pour laquelle la conception assistée par ordinateur tient une place prépondérante. En effet, les revêtements de nombreux objets 3D sont réalisés à partir de tissus plans, par exemple recouvrir de cuir un volant de voiture. Le procédé
10 selon la présente invention permet d'appréhender sereinement les objets les plus complexes.

A cet effet, l'invention concerne dans son acception la plus générale un procédé de construction d'une
15 représentation bidimensionnelle à partir d'une forme tridimensionnelle comprenant :

- Une première étape de représentation numérique facétisée de ladite forme tridimensionnelle ;
- Une étape de détermination des valeurs des angles
20 aux sommets de chaque facette dans le plan bidimensionnel associé à ladite représentation ;
- Une étape de reconstruction numérique des coordonnées des sommets de la représentation bidimensionnelle mettant en œuvre des moyens
25 techniques de calcul numérique comprenant au moins une mémoire de type RAM ainsi qu'un processeur ;

caractérisé en ce que ladite étape de reconstruction numérique est globale et donne les valeurs
30 de toutes les coordonnées de façon simultanée.

De préférence, ladite étape de reconstruction numérique comprend une première sous-étape de mise en équation permettant de relier lesdits angles auxdites
35 coordonnées desdits sommets, au moyen d'une équation (E)

unique dont les variables comprennent au moins les coordonnées 2D des sommets et les angles.

Avantageusement, ladite étape de reconstruction
5 numérique comprend, en outre, une sous-étape de résolution de ladite équation (E).

Dans un mode de réalisation, ladite équation
(E) est une équation algébrique matricielle.
10

De préférence, ladite équation (E) est une équation linéaire.

Avantageusement, ladite étape de reconstruction
15 numérique comprend, en outre et précédant ladite sous-étape de résolution, une étape d'ajout d'au moins une contrainte portant sur lesdites coordonnées d'au moins un sommet.

Selon un mode de mise en œuvre, ladite au moins
20 une contrainte consiste à définir les coordonnées d'au moins un sommet.

Selon une variante, ladite au moins une
contrainte consiste à définir l'alignement d'au moins trois
25 sommets.

Avantageusement, ladite reconstruction
numérique est stable du fait qu'une éventuelle erreur
numérique ne se propage pas au cours de la reconstruction.
30

La présente invention se rapporte également à
un système de construction d'une représentation
bidimensionnelle à partir d'une forme tridimensionnelle
comprenant au moins un processeur, une mémoire de type RAM
35 pour la mise en œuvre du procédé.

On comprendra mieux l'invention à l'aide de la description, faite ci-après à titre purement explicatif, d'un mode de réalisation de l'invention, en référence aux figures annexées :

- la figure 1 est un ordinogramme illustrant un mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 2 représente le système selon l'invention ;
- la figure 3 illustre la paramétrisation des triangles dans l'espace bidimensionnel,
- la figure 4 représente le dépliage d'un objet (a) selon une méthode itérative (c - art antérieur) et selon la présente invention (b).

La présente invention met en œuvre un procédé de construction d'une représentation bidimensionnelle à partir d'une forme tridimensionnelle en procédant à une résolution globale des systèmes d'équations de telle sorte que les erreurs induites par les systèmes de calcul ne se propagent pas d'une résolution à une autre mais soient réparties dans l'ensemble des résultats. L'invention s'inspire de la méthode ABF décrite précédemment, méthode se limitant, pour des applications industrielles, à la résolution de maillages comprenant au plus quelques milliers de triangles.

L'intérêt du procédé de la présente invention est de réaliser un dépliage de formes 3D complexes dans un temps réduit afin que le procédé puisse être appliqué à l'industrie.

L'industrie est très friande de dépliage de formes 3D en formes bidimensionnelles pour diverses raisons : la facilité d'opérer des calculs mathématiques

dans un espace 2D plutôt que dans un espace tridimensionnel, l'habillage d'objets, ...

L'invention fournit une solution au placage de textures. Déplier des objets 3D permet de facilement les « habiller avec des images ». La représentation construite par l'invention est particulièrement bien exploitable par les cartes graphiques actuelles (technique du placage de textures, ou « *texture mapping* »). Cette représentation permet également de dessiner sur des objets 3D et est directement exploitable par les logiciels de dessin 3D, *3D Paint Systems* (nom commercial) par exemple. La présente invention répond particulièrement bien à la problématique de l'habillage de formes complexes (volant de voiture, sièges, ...) par des tissus ou cuirs dont la découpe peut être faite en utilisant les patrons bidimensionnels générés automatiquement par l'invention.

Le procédé selon l'invention peut également être utilisé pour simplifier de grands maillages tout en préservant leur apparence visuelle. Les détails géométriques sont alors stockés sous forme d'images, dans l'espace 2D déplié. L'objet est reconstitué en temps réel par la carte graphique (technique du placage des vecteurs normaux, ou « *normal mapping* »). Afficher un objet sous cette forme (objet simplifié + détails stockés dans une image) est beaucoup plus efficace que d'afficher l'objet original (les cartes graphiques manipulent des images plus facilement que des gros maillages).

30

De même, l'invention s'applique à la conversion de surfaces triangulées en surfaces Splines/NURBS. Le dépliage construit par le procédé de la présente invention peut également être utilisé pour convertir une surface

triangulée en une surface polynomiale ou en une surface NURBS.

La construction d'une carte 2D d'un objet 3D en
5 utilisant l'invention peut être aussi utilisée dans des applications industrielles de type « contrôle de qualité de surface »).

Enfin, l'invention facilite certains types de
10 calculs en construisant une carte 2D d'une surface 3D. L'invention est utile, dans ce cas, pour faciliter certains types de calculs sur les surfaces. On peut citer par exemple les simulations de transferts énergétiques entre surfaces, et en particulier les simulations réalistes
15 d'éclairage, ou encore les simulations d'écoulement des fluides.

Illustré par la figure 1, le système (10) mettant en œuvre la présente invention comprend un
20 processeur (11), une mémoire vive (12), un système de visualisation (13), des moyens d'acquisition de données (14), une mémoire de stockage (15).

Dans la version la plus simple, le système (10)
25 nécessite la présence uniquement d'un processeur (11) et d'une mémoire vive (12).

Le système (10) correspond tout à fait aux
modèles de systèmes informatiques disponibles dans le
30 commerce et bon marchés. Le processeur (11) est de type courant, certains tests de la présente invention ont donné des résultats concluant avec un processeur de fréquence d'horloge de 2 GHz. Le processeur (11) réalise toutes les tâches élémentaires du système.

La mémoire vive (12) permet le stockage temporaire des données de fonctionnement ou de calcul du système. Elle met en œuvre des registres dont la taille est limitée. Ainsi les variables utilisées par les programmes
5 informatiques peuvent être arrondies pour être stockées dans ces registres. Par exemple, un nombre décimal peut être stocké par un flottant de taille 4 octets, ou un double-flottant (appelé *double* dans le langage de la programmation informatique) de taille 8 octets. De
10 préférence, la mémoire vive est de type RAM (*Random Access Memory*). Cette mémoire héberge la partie exécutée de tout logiciel informatique réalisant la présente invention.

Des moyens d'acquisition (14) peuvent équiper
15 le système pour permettre l'acquisition de données utiles à la présente invention. Ces moyens d'acquisition (14) peuvent concerner des lasers qui calculent les coordonnées 3D d'une forme tridimensionnelle à analyser, ou encore simplement un clavier et une souris pour interagir dans la
20 présente invention (données initiales, choix de valeur seuil dans les diverses étapes de calcul).

Des équipements de visualisation (13) (écran, imprimantes) et de stockage (15) (disque dur, mémoire USB,
25 CD-ROM, DVD, ...) permettent la visualisation et la sauvegarde de données acquises et calculées par la présente invention.

Le système d'exploitation permettant le
30 fonctionnement de l'ensemble peut être un des dérivés Windows (nom commercial), Linux, Unix, ... Il oriente les différentes instructions entre les parties logicielles et les ressources physiques du système.

Le cœur logiciel de la présente invention est chargée dans la mémoire vive, reçoit les données initiales (représentation tridimensionnelle ou coordonnées des points du maillage 3D), exécutent les opérations élémentaires du programme logiciel pour en déduire les résultats de l'invention : la représentation bidimensionnelle.

Le procédé selon l'invention est avantageusement implémenté sous forme logicielle, le cadre de l'invention ne se limitant pas à cette unique implémentation.

Le procédé selon la présente invention est décrit de façon logique en référence à la figure 2. L'invention s'applique à un objet 3D ou à une représentation tridimensionnelle d'un objet réel ou virtuel (200) conçue par exemple par un système informatique (CAO – conception assistée par ordinateur). Ces données numériques peuvent être obtenues par les moyens d'acquisitions évoqués précédemment dans le cas d'un objet 3D réel.

A partir de ces données, le bloc 210 permet d'établir un maillage 3D de l'objet à analyser.

Ce maillage peut être directement obtenu lors de la conception assistée par ordinateur d'un objet virtuel.

Diverses techniques de maillage (représentation numérique facétisée) 3D sont actuellement disponibles, notamment sous forme logicielle. Par exemple, la bibliothèque de fonctions C++ « *3DReshaper Library* » (nom commercial) ou le logiciel *AZICUB* (nom commercial) permettent d'accomplir cette opération.

L'implémentation d'un maillage triangulaire simplifie les opérations de calcul en comparaison des maillages polygonaux de plus de 3 cotés. L'invention s'applique également aux maillages comprenant des polygones. Dans ce cas, on triangule les polygones, en construisant les équations en considérant uniquement des triplets. Dans la suite des explications, nous nous limiterons au maillage triangulaire.

La représentation de la forme tridimensionnelle par un maillage 3D lors de cette étape fournit un ensemble de connexions entre points ou un ensemble de triplets de sommets. Aucune coordonnée du maillage n'est connue à ce stade.

Le bloc 220 constitue une étape de détermination des angles aux sommets des triangles dans l'espace bidimensionnel de dépliage. Cette étape est déjà décrite dans la méthode ABF (Alla Sheffer) mais toute autre méthode reste dans le cadre de l'invention.

Alors que les techniques connues de dépliage résident dans l'établissement d'un système d'équations dont la résolution est réalisée de façon itérative, la présente invention propose l'établissement d'un système matriciel global à résoudre (230). Ce système permet de relier de façon globale les coordonnées (u,v) des sommets des triangles de la représentation bidimensionnelle aux angles α_i des sommets des triangles dans le plan, angles déterminés précédemment.

Nous proposons ici une mode de réalisation de l'établissement du système matriciel répondant particulièrement aux spécificités des logiciels et aux possibilités de calcul des systèmes informatiques. Il est

entendu que l'homme du métier serait à même de réaliser un autre algorithme permettant l'obtention d'une solution similaire.

5 En référence à la figure 3, nous adoptons la notation suivante dans le plan bidimensionnel : U_i est un nombre complexe représentant les sommets du triangle $(u_i + i.v_i)$, α_i l'angle associé à U_i dans le triangle.

10 Dans un triangle t , on a la relation suivante :

$$(U_3 - U_1) = \frac{\sin(\alpha_2^t)}{\sin(\alpha_3^t)} \cdot e^{i\alpha_1^t} \cdot (U_2 - U_1) = Z^t \cdot (U_2 - U_1)$$

et pour l'ensemble T des triangles du maillage :

$$\forall t = (j, k, l) \in T, \quad (Z^t - 1) \cdot U_j - Z^t U_k + U_l = 0$$

15 Z^t est un nombre complexe.

Cette équation peut être mise sous la forme de minimisation de la norme quadratique pour l'ensemble des triangles, soit :

$$20 \quad \left| \begin{array}{l} \text{minimiser } C(U) = \sum_{t=(j,k,l) \in T} |(Z^t - 1) \cdot U_j - Z^t U_k + U_l|^2 \\ \text{avec } U_{n-1} = 0 \text{ et } U_n = 1, \text{ et } U = [U_1, \dots, U_n]^T \end{array} \right.$$

$U_{n-1} = 0$ et $U_n = 1$ sont semblables aux conditions de départ, à savoir que l'on définit un point de
25 départ, et la distance entre les deux points permet de déterminer l'échelle de la représentation graphique 2D.

Certaines contraintes peuvent également être ajoutées au système : des contraintes liées à la
30 réalisation matérielle de la forme dépliée par exemple.

En appliquant les propriétés des fonctions quadratiques puis des matrices Hermitienne :

$$C(U) = U^* M^* M U$$

avec pour tout triangle (j,k,l)

$$\begin{cases} m_{i,j} = Z^t - 1 \\ m_{i,k} = -Z^t \\ m_{i,l} = 1 \\ m_{i,\cdot} = 0, \text{ autrement} \end{cases}$$

En composant $U = [U_f, U_p]^T$, $U_f = [U_1, \dots, U_{n-2}]$ et $U_p = [0, 1]$, on peut écrire C comme suit :

$$C(U) = \|M_f U_f + M_p U_p\|^2$$

Alors pour $x = ([u_1, \dots, u_{n-2}]^T, [v_1, \dots, v_{n-2}]^T)$,

$$C(x) = \|Ax - b\|^2$$

$$\text{avec } A = \begin{pmatrix} M_f^1 & -M_f^2 \\ M_f^2 & M_f^1 \end{pmatrix}, \quad b = - \begin{pmatrix} M_p^1 & -M_p^2 \\ M_p^2 & M_p^1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} U_p^1 \\ U_p^2 \end{pmatrix}$$

où x^1 et x^2 sont respectivement la partie réelle

et la partie imaginaire de X.

Ce système matriciel permet à partir des angles complexes Z^t connues de déterminer l'ensemble des coordonnées (u_i, v_i) des sommets dans le plan bidimensionnel.

Le bloc 240 représente la résolution du système matriciel obtenu lors de l'étape précédente. Cette résolution fournit de façon globale et simultanée l'ensemble des coordonnées (u, v) des sommets des triangles dans la représentation bidimensionnelle de l'objet (250). On entend par global le fait qu'aucune coordonnée n'est déterminée avant que l'ensemble des données résultats soit

obtenu. On entend par simultané le fait que la résolution d'un système matriciel fournit un vecteur résultat contenant l'ensemble des coordonnées (u,v), en opposition à l'art antérieur (méthode itérative) qui fournit les
5 coordonnées d'un point en utilisant les résultats obtenus lors des itérations précédentes de calcul des autres points. Le terme « simultané » doit donc être considéré au sens du calcul (obtention lors de la même étape de toutes les coordonnées résultat) et non au sens des instructions
10 de machines (restitution par le système informatique).

Illustré par la figure 4, le dépliage d'un objet (a), ici un dromadaire, fournit, selon la présente invention, une forme bidimensionnelle (b) reproduisant de
15 façon réaliste l'objet initial. Le dépliage (c) a été obtenu par une méthode itérative dont le résultat délivre des aberrations suite à la propagation des erreurs au cours des étapes itératives. La différence entre ces deux méthodes est d'autant plus visible que l'objet initial est
20 complexe, ici un dromadaire dont le maillage possède plusieurs milliers de triangles.

La présente invention permet d'obtenir des déploiages réalistes dans des temps relativement courts (de
25 l'ordre d'une à deux minutes pour un maillage d'une dizaine de milliers de triangles).

Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, la résolution du système matriciel (240)
30 permet l'incorporation de contraintes (260) sur le dépliage. On peut mentionner, de façon non exhaustive, des contraintes liées à la position de points de dépliage, des contraintes liées à la géométrie de l'objet (conserver l'alignement de points lors du dépliage d'une pièce

mécanique dotées de bords rectilignes) et/ou des contraintes liées à un ou des axes de symétrie des objets.

5 Ces contraintes sont absorbées dans la résolution du système matriciel, l'invention minimisant la déformation de l'objet.

10 L'invention est décrite dans ce qui précède à titre d'exemple. Il est entendu que l'homme du métier est à même de réaliser différentes variantes de l'invention sans pour autant sortir du cadre du brevet.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de construction d'une
représentation bidimensionnelle à partir d'une forme
5 tridimensionnelle comprenant :

- Une première étape de représentation numérique
facétisée de ladite forme tridimensionnelle ;
- Une étape de détermination des valeurs des angles
aux sommets de chaque facette dans le plan
10 bidimensionnel associé à ladite représentation ;
- Une étape de reconstruction numérique des
coordonnées des sommets de la représentation
bidimensionnelle mettant en œuvre des moyens
techniques de calcul numérique comprenant au moins
15 une mémoire de type RAM ainsi qu'un processeur ;
caractérisé en ce que ladite étape de
reconstruction numérique est globale et donne les valeurs
de toutes les coordonnées de façon simultanée.

20 2. Procédé de construction selon la
revendication 1, caractérisé en ce que ladite étape de
reconstruction numérique comprend une première sous-étape
de mise en équation permettant de relier lesdits angles
auxdites coordonnées desdits sommets, au moyen d'une
25 équation (E) unique dont les variables comprennent au moins
les coordonnées 2D des sommets et les angles.

3. Procédé de construction selon la
revendication précédente, caractérisé en ce que ladite
30 étape de reconstruction numérique comprend, en outre, une
sous-étape de résolution de ladite équation (E).

4. Procédé de construction selon la
revendication 2 ou 3, caractérisé en ce que ladite équation
35 (E) est une équation algébrique matricielle.

5. Procédé de construction selon la revendication précédente, caractérisé en ce que ladite équation (E) est une équation linéaire.

5

6. Procédé de construction selon la revendication 3, caractérisé en ce que ladite étape de reconstruction numérique comprend, en outre et précédant ladite sous-étape de résolution, une étape d'ajout d'au moins une contrainte portant sur lesdites coordonnées d'au moins un sommet.

10

7. Procédé de construction selon la revendication 6, caractérisé en ce que ladite au moins une contrainte consiste à définir les coordonnées d'au moins un sommet.

15

8. Procédé de construction selon la revendication 6, caractérisé en ce que ladite au moins une contrainte consiste à définir l'alignement d'au moins trois sommets.

20

9. Procédé de construction selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que ladite reconstruction numérique est stable du fait qu'une éventuelle erreur numérique ne se propage pas au cours de la reconstruction.

25

10. Système de construction d'une représentation bidimensionnelle à partir d'une forme tridimensionnelle comprenant au moins un processeur, une mémoire de type RAM pour la mise en œuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes.

30

35

Figure 1

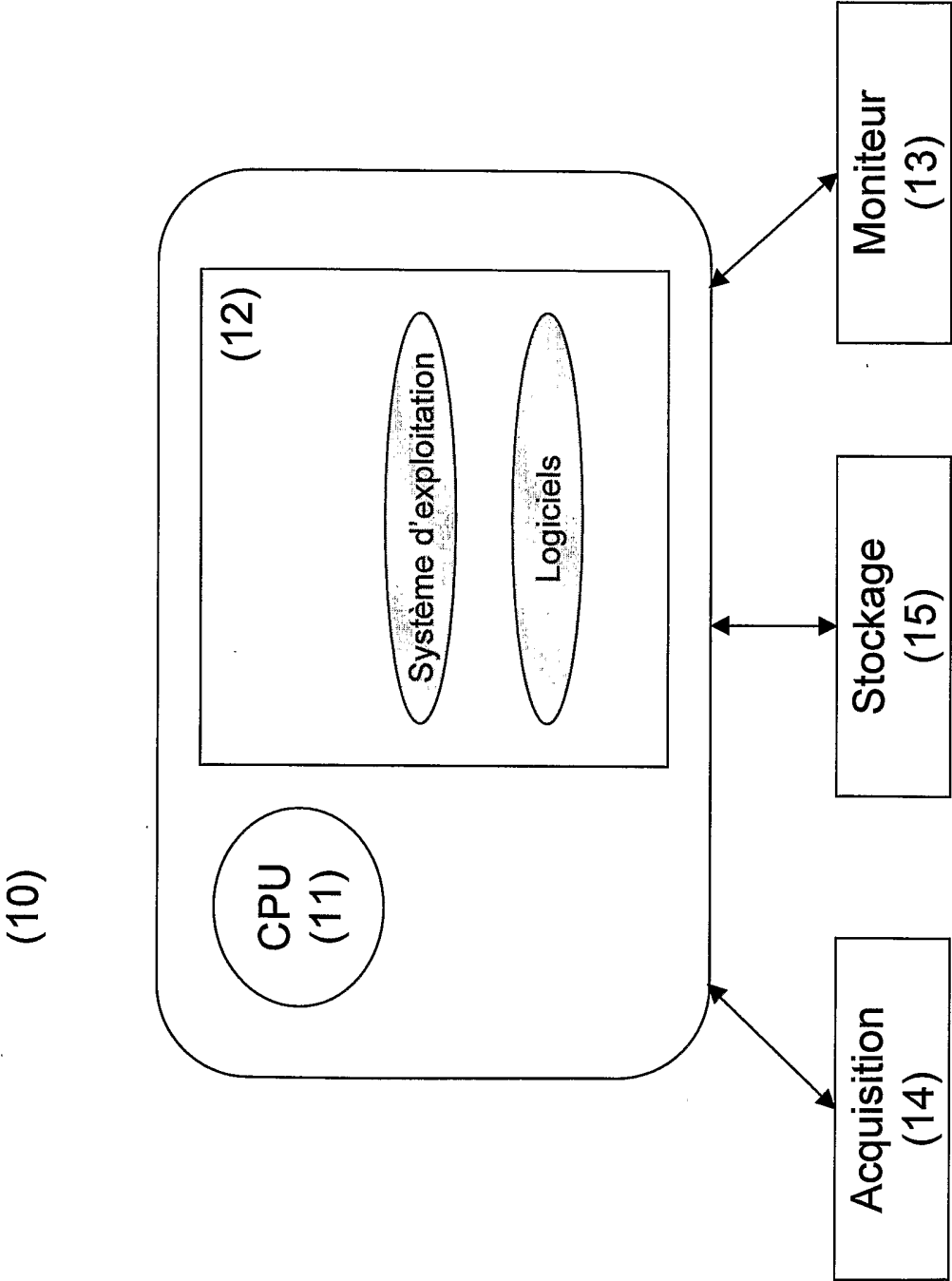


Figure 2

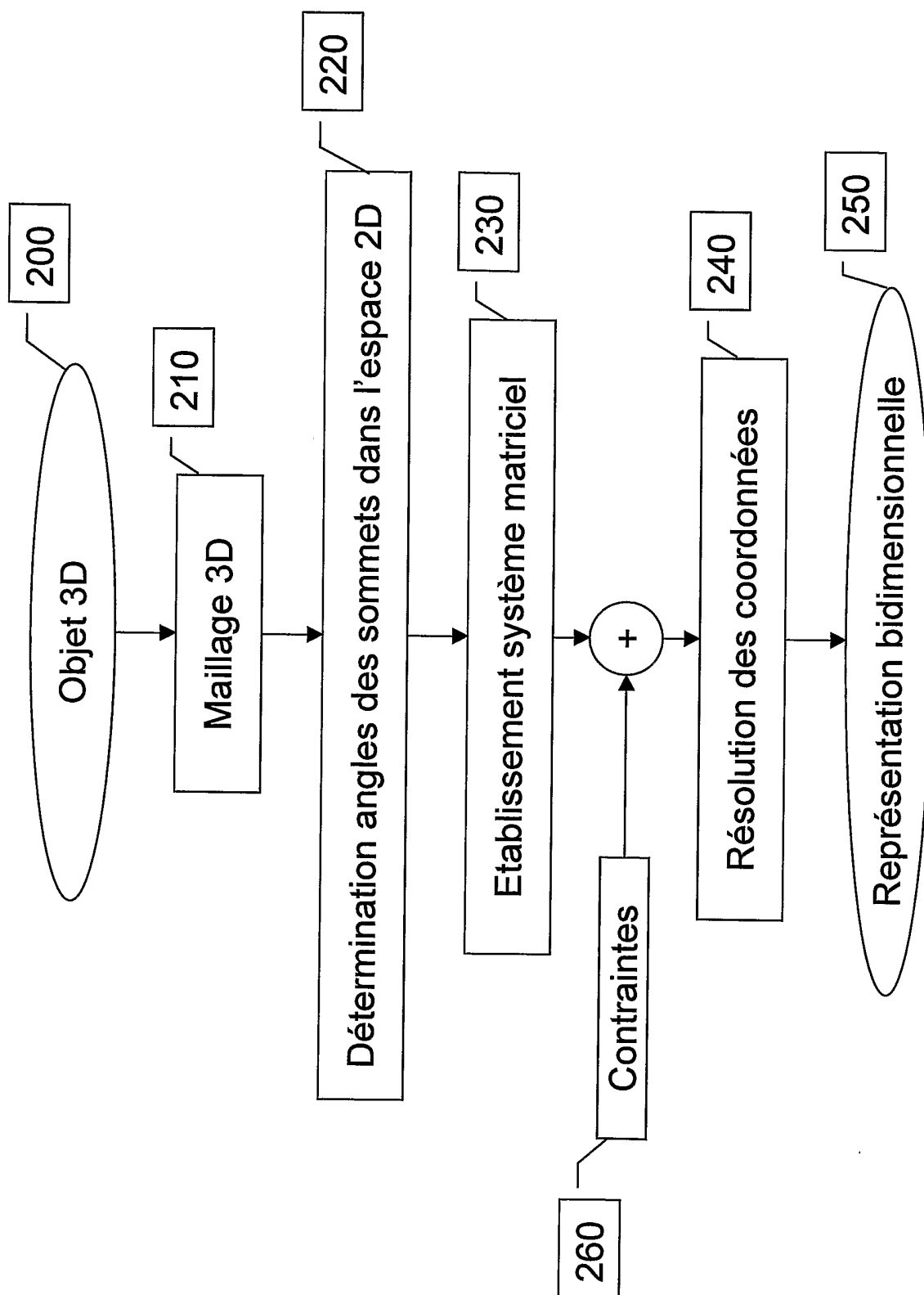
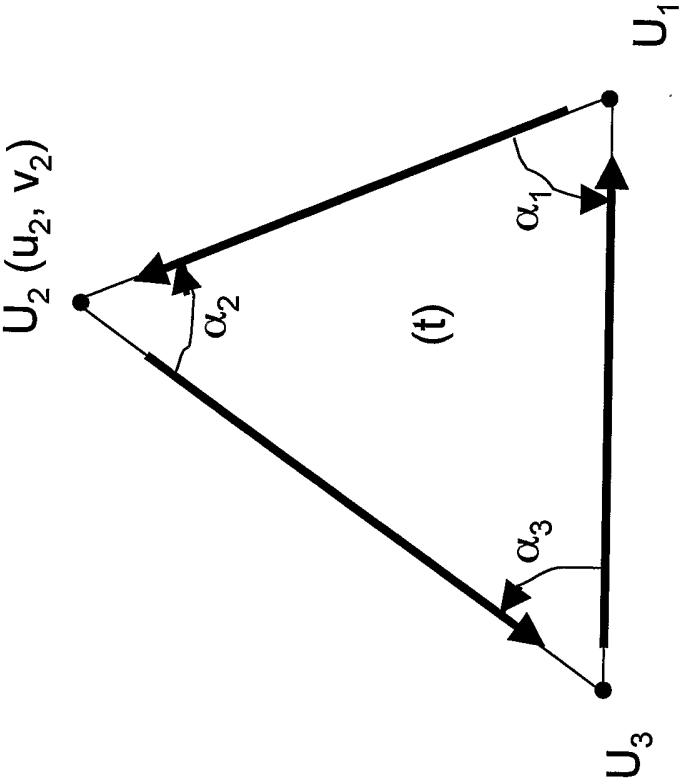


Figure 3



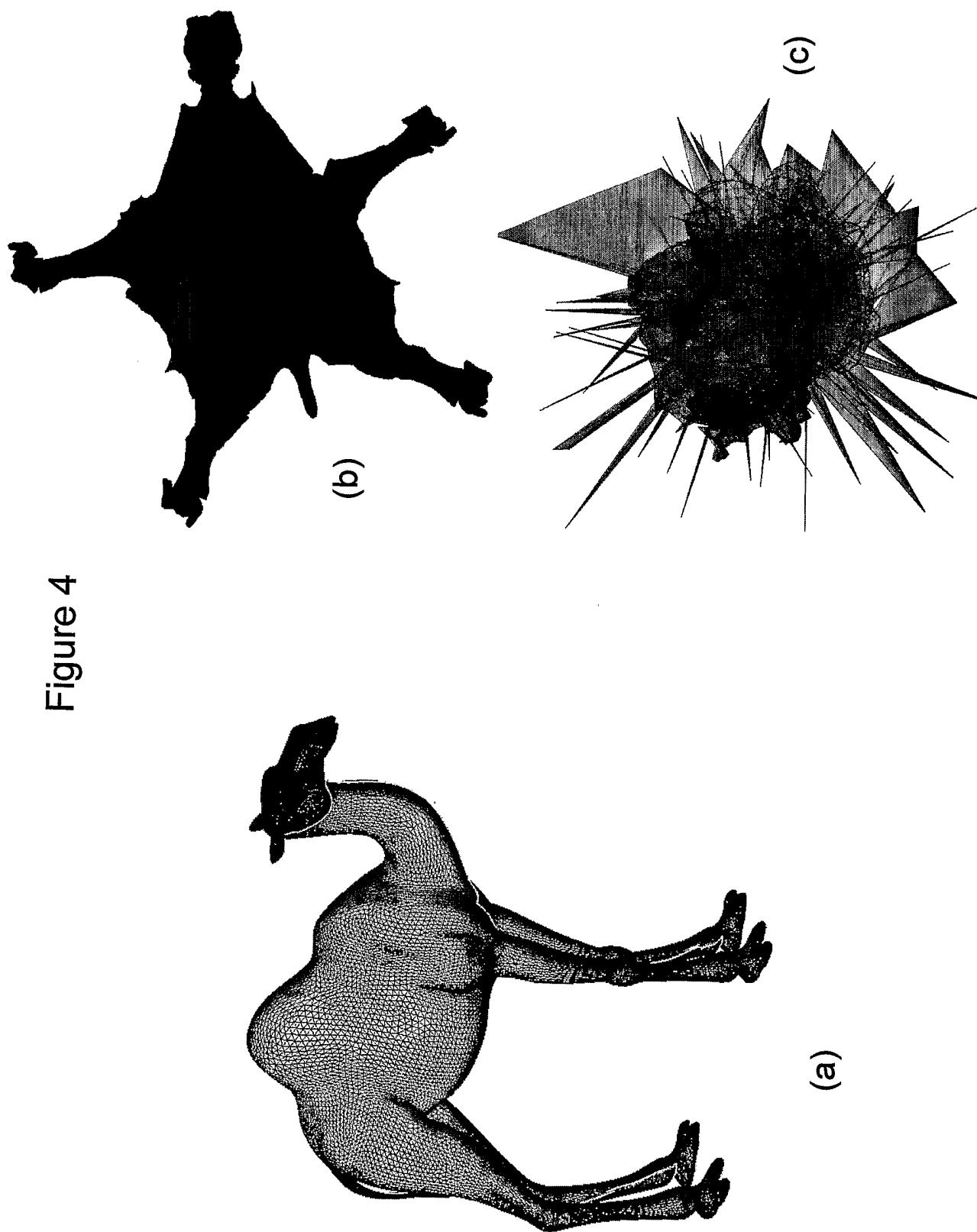


Figure 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2005/002608

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06T17/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06T

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, INSPEC, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	LEE H ET AL: "ANGLE-ANALYZER: A TRIANGLE-QUAD MESH CODEC" COMPUTER GRAPHICS FORUM, AMSTERDAM, NL, vol. 21, no. 3, 2002, pages 383-392, XP008021366 ISSN: 0167-7055	1
Y	page 388, right-hand column, line 1 - page 390, left-hand column, line 15	2-10
Y	TAUBIN G: "DUAL MESH RESAMPLING" GRAPHICAL MODELS, ELSEVIER, SAN DIEGO, US, vol. 64, no. 64, March 2002 (2002-03), pages 94-113, XP001141098 ISSN: 1524-0703 page 108, line 5 - page 112, last line ----- -/-	2-10

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

21 February 2006

Date of mailing of the international search report

03/03/2006

Name and mailing address of the ISA/
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Tibaux, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2005/002608

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 6 392 647 B1 (MIGDAL ALEXANDER ET AL) 21 May 2002 (2002-05-21) column 18, line 32 - column 19, line 47 -----	6-8
A	US 2004/075659 A1 (TAUBIN GABRIEL) 22 April 2004 (2004-04-22) claims 28-32 -----	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2005/002608

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6392647	B1	21-05-2002	NONE	
US 2004075659	A1	22-04-2004	NONE	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2005/002608

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

G06T17/20

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

G06T

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, INSPEC, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	LEE H ET AL: "ANGLE-ANALYZER: A TRIANGLE-QUAD MESH CODEC" COMPUTER GRAPHICS FORUM, AMSTERDAM, NL, vol. 21, no. 3, 2002, pages 383-392, XP008021366 ISSN: 0167-7055	1
Y	page 388, colonne de droite, ligne 1 - page 390, colonne de gauche, ligne 15	2-10
Y	TAUBIN G: "DUAL MESH RESAMPLING" GRAPHICAL MODELS, ELSEVIER, SAN DIEGO, US, vol. 64, no. 64, mars 2002 (2002-03), pages 94-113, XP001141098 ISSN: 1524-0703 page 108, ligne 5 - page 112, dernière ligne ----- -/-	2-10



Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

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

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

21 février 2006

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

03/03/2006

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2260 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Tibaux, M

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2005/002608

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	US 6 392 647 B1 (MIGDAL ALEXANDER ET AL) 21 mai 2002 (2002-05-21) colonne 18, ligne 32 - colonne 19, ligne 47	6-8
A	----- US 2004/075659 A1 (TAUBIN GABRIEL) 22 avril 2004 (2004-04-22) revendications 28-32 -----	1-10

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2005/002608

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 6392647	B1	21-05-2002	AUCUN	
US 2004075659	A1	22-04-2004	AUCUN	