

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :

2 891 936

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national :

05 10384

⑤1 Int Cl⁸ : G 06 T 17/00 (2006.01)

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 11.10.05.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 13.04.07 Bulletin 07/15.

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) : FRANCE TELECOM Société anonyme — FR.

⑦2 Inventeur(s) : ROYAN JEROME, GIOIA PATRICK et CAVAGNA ROMAIN.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : CABINET PATRICE VIDON.

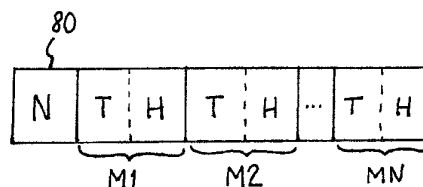
⑤4 PROCÉDES, DISPOSITIFS ET PROGRAMMES DE TRANSMISSION D'UNE STRUCTURE DE TOIT ET DE CONSTRUCTION D'UNE REPRÉSENTATION TRIDIMENSIONNELLE D'UN TOIT DE BÂTIMENT A PARTIR DE LADITE STRUCTURE.

⑤7 L'invention concerne une technique de transmission d'une structure de toit pour la construction d'une représentation tridimensionnelle d'un bâtiment, via un réseau de communication.

Selon l'invention, une telle technique repose sur la transmission d'une liste ordonnée d'au moins deux modèles de toits (M1, M2, MN) comprenant chacun au moins:

- un type de toit (T);
- un paramètre de hauteur maximale (H) dudit toit.

Lors de la construction de la représentation tridimensionnelle d'un bâtiment, ledit paramètre de hauteur maximale (H) d'un toit de ladite liste détermine une base dudit toit suivant dans ladite liste, de façon à ce que ladite structure de toit corresponde à la superposition ordonnée desdits toits de ladite liste.



FR 2 891 936 - A1



Procédés, dispositifs et programmes de transmission d'une structure de toit et de construction d'une représentation tridimensionnelle d'un toit de bâtiment à partir de ladite structure.

1. Domaine de l'invention

5 Le domaine de l'invention est celui de la visualisation d'images tridimensionnelles et de scènes 3D. Plus précisément, l'invention concerne une technique de transmission de données permettant la visualisation de telles images ou de telles scènes sur un terminal client, ainsi que le traitement de ces données en réception.

10 Elle s'applique plus particulièrement à la visualisation de modèles de villes, ou de scènes urbaines, constituées d'un ensemble de bâtiments, et propose une technique de reconstruction automatique de toits, à partir des contours "gouttières" des bâtiments. Elle permet donc la visualisation sur un navigateur distant de modèles 3D de bâtiments qui est fidèle à la réalité, avec des toits plus
15 ou moins complexes.

2. Solutions de l'art antérieur

On connaît à ce jour plusieurs techniques de modélisation automatique de vastes environnements urbains, qui visent toutes le même objectif de réduction du coût de modélisation des villes. Ces techniques reposent par exemple sur des
20 méthodes de photogrammétrie, d'analyse d'images radar, ou d'utilisation de cartes d'élévation issues de scanners à balayages aéroportés.

Pour la plupart, ces techniques fournissent des modèles dits "2D1/2", constitués d'un ensemble d'empreintes au sol de bâtiments, auxquelles sont associées l'altitude de la base des bâtiments et leurs hauteurs sous gouttières. Cette
25 modélisation est donc prismatique puisqu'elle consiste, pour obtenir une représentation 3D d'un bâtiment, à extruder son empreinte au sol selon sa hauteur sous gouttières. Une fois reconstruits les murs au moyen de cette technique d'extrusion, il est nécessaire, pour obtenir un rendu réaliste de la ville ou du bâtiment, de reconstruire également une représentation tridimensionnelle du toit.

On connaît à ce jour plusieurs techniques de transmission d'un modèle de toit permettant à un navigateur distant de réaliser une telle reconstruction.

Ainsi, une première technique, reposant sur le langage VRML ("Virtual Reality Modeling Language" pour "Langage de modélisation de réalité virtuelle"),
5 consiste à transmettre le modèle de toit sous la forme d'un ensemble de polygones correspondant aux différentes faces, également appelées pans, du toit à reconstruire (fonctionnalité "indexed face set" du langage VRML).

Une autre technique, proposée par P. Felkel et S. Obdrzalek dans "Straight Skeleton Implementation" (Spring Conference on Computer Graphics, 1998),
10 consiste à reconstruire automatiquement un toit à partir de l'empreinte au sol du bâtiment, en déterminant son squelette droit, et en procédant à une élévation de ses sommets.

3. Inconvénients des techniques antérieures

Ces différentes techniques ne permettent cependant pas de répondre
15 conjointement aux exigences :

- de faible débit de la plupart des réseaux de communication actuels, et
- de réalisme de la visualisation par les utilisateurs finaux.

Ainsi, la technique consistant à transmettre un modèle de toit, en langage VRML, sous la forme de l'ensemble de ses faces génère un volume de données
20 très important, voire prohibitif dans le cas de toits complexes. Si elle permet, en réception, de reconstruire la plupart des formes de toits de façon assez réaliste, elle est tout à fait inadaptée dans le cas d'un modèle de ville, qui peut contenir plusieurs centaines de milliers de bâtiments, et pour lequel le temps de transmission, via le réseau, de l'ensemble des modèles 3D de toit serait
25 considérable.

La technique de reconstruction automatique de toits proposée par P. Felkel et S. Obdrzalek est quant à elle moins coûteuse en termes de ressources, puisqu'elle se base, pour fournir la structure du toit, sur le squelette droit de l'empreinte au sol du bâtiment, qui a par ailleurs déjà été transmise à l'utilisateur.
30 Cependant, cette technique ne permet que de reconstruire des représentations 3D

de toits de type à croupe, encore appelés toits à plusieurs pans, dans lesquels tous les pans présentent le même angle d'inclinaison par rapport à l'horizontal. Cette technique n'est donc pas adaptée à la représentation de modèles de villes réelles, dans lesquels les bâtiments peuvent présenter des toits de tout type, et notamment
5 des toits complexes à pignons ou des toits à plusieurs pans présentant des angles multiples d'inclinaison.

4. Objectifs de l'invention

L'invention a notamment pour objectif de pallier ces inconvénients de l'art antérieur.

10 Plus précisément, un objectif de l'invention est de fournir une technique de transmission d'une structure de toit, pour la représentation en 3D d'un bâtiment, qui génère un flux de données à transmettre plus compact que selon les techniques antérieures, tout en permettant, en réception, la reconstruction de tous types de toits, y compris de toits complexes.

15 Un autre objectif de l'invention est de proposer une telle technique qui soit simple à mettre en œuvre et procure un rendu réaliste des toits reconstruits.

L'invention a encore pour objectif de fournir une telle technique qui soit adaptée à tous types de terminaux de visualisation, et notamment aux terminaux présentant des capacités de traitement modestes.

20 5. Exposé de l'invention

Ces objectifs, ainsi que d'autres qui apparaîtront par la suite, sont atteints à l'aide d'un procédé de transmission d'une structure de toit pour la construction d'une représentation tridimensionnelle d'un bâtiment, via un réseau de communication.

25 Selon l'invention, un tel procédé comprend une étape de transmission d'une liste ordonnée d'au moins deux modèles de toits comprenant chacun au moins :

- un type de toit ;
- un paramètre de hauteur maximale dudit toit ;

et ledit paramètre de hauteur maximale d'un toit de ladite liste détermine une base
30 dudit toit suivant dans ladite liste, de façon à ce que ladite structure de toit

corresponde à la superposition ordonnée desdits toits de ladite liste.

Ainsi, l'invention repose sur une approche tout à fait nouvelle et inventive de la transmission de structures de toits pour la reconstruction de représentations tridimensionnelles de bâtiments.

5 En effet, l'invention propose une technique reposant sur l'utilisation de modèles de toit procéduraux, qui constituent une forme simple et compacte de transmission de données : en effet, chaque modèle de toit est décrit au moyen d'un type de toit (qui peut être codé sur seulement quelques bits, selon le nombre de types de toit envisagés), et d'un ou plusieurs paramètres, dont un paramètre de
10 hauteur maximale. Le volume de données nécessaire à la transmission de chaque modèle de toit est donc relativement faible.

En outre, ces modèles de toits sont transmis dans une liste ordonnée, dont l'ordonnancement définit leur ordre de superposition dans la structure de toit à reconstruire. On peut ainsi, par superposition des différents toits de la liste,
15 reconstruire des représentations tridimensionnelles de toits complexes, qui permettent un rendu très réaliste pour l'utilisateur final.

La technique de l'invention permet donc de résoudre le double problème technique de la compacité des données à transmettre et du réalisme et de la complexité des toits reconstruits.

20 Avantageusement, ledit type de toit est choisi dans un groupe comprenant :
- un type de toit à pignon ;
- un type de toit à croupe ;
- un type de toit à un seul pan.

On rappelle ci-après quelques définitions : par toit à pignon, on entend un
25 toit qui comprend au moins un pignon, et par pignon, on désigne le couronnement triangulaire d'un mur dont le sommet porte le bout du faîtage du toit. Par opposition, les toits à croupes désignent des toits qui ne présentent pas de pignons à leur extrémité, mais un versant (encore appelé pan par la suite) qui assure la liaison avec les deux grands côtés du toit. Un toit à croupe est donc un toit qui
30 comprend au moins quatre versants inclinés formant au moins quatre arêtes à leur

intersection deux à deux. (On notera bien sûr que si l'empreinte au sol du bâtiment est de forme triangulaire, le toit à croupe de ce bâtiment peut ne comprendre que trois versants inclinés). Par la suite, on désigne également par "toit à plusieurs pans" un toit à croupe, par opposition au toit à un seul pan, qui ne comprend qu'un seul versant incliné.

Préférentiellement, lesdits modèles de toits de ladite liste ordonnée comprennent aussi l'un au moins des paramètres appartenant au groupe comprenant :

- un paramètre d'angle d'inclinaison d'au moins un pan dudit toit ;
- 10 - un paramètre de projection d'au moins un sous-toit dudit toit.

La hauteur maximale du toit, l'angle d'inclinaison de ses différents versants, ainsi que, en cas de présence d'un sous-toit, sa projection permettent de reconstruire une représentation 3D complète du toit, dès lors que son type a été identifié. Le paramètre de projection du sous-toit permet en effet de recalculer la position des sommets en bordure du toit, de façon à les faire déborder à l'extérieur des murs du bâtiment, tout en respectant l'inclinaison des pans de toit. La projection du sous-toit désigne la distance minimale séparant l'extrémité du toit en saillie au-delà du mur du bâtiment, de ce mur lui-même.

Selon une caractéristique avantageuse, lorsque ledit toit est de type à un seul pan, ledit modèle de toit comprend également un paramètre d'arête support, défini par un indice de l'arête la plus basse dudit bâtiment appartenant audit toit.

Lorsque cette arête a par ailleurs déjà été transmise pour la reconstruction des murs du bâtiment, il suffit donc de rappeler son indice, en association avec le modèle de toit correspondant, lors de la transmission de la structure de toit.

Avantageusement, ladite liste ordonnée comprend également au moins un modèle de toit de type plat qui ne comprend aucun paramètre. En ajoutant les toits plats aux toits à croupe, à pignon et à un seul pan, on obtient ainsi une liste minimale de types de toits qui permet de reconstruire la totalité des toits existants, qu'ils soient simples ou complexes. Par définition, le toit plat est de hauteur et d'inclinaison nulles, et n'est donc associé à aucun paramètre. On pourrait

cependant envisager, par souci d'homogénéité dans la transmission des modèles de toit, de lui associer des paramètres nuls.

L'invention concerne aussi un signal de données représentatives d'une structure de toit pour la construction d'une représentation tridimensionnelle d'un bâtiment, qui présente une structure de liste ordonnée d'au moins deux modèles de toits comprenant chacun au moins :

- un champ contenant un type de toit ;
- un champ contenant une hauteur maximale dudit toit.

Le champ contenant une hauteur maximale d'un toit de ladite liste détermine une base dudit toit suivant dans ladite liste, de façon à ce que ladite structure de toit corresponde à la superposition ordonnée desdits toits de ladite liste.

La structure de liste ordonnée du signal permet de définir l'ordre dans lequel les modèles de toits transmis doivent être superposés pour reconstruire la structure de toit réelle du bâtiment, et ainsi obtenir une représentation 3D d'un toit complexe, à partir de briques élémentaires simples. Ces briques élémentaires simples sont les modèles de toit procéduraux, structurés en champs de données comprenant un type de toit et une hauteur maximale de toit : de cette structure simple découle un faible volume de données à transmettre.

En d'autres termes, on transmet à travers le réseau une structure de toit par bâtiment qui donne une bonne approximation du toit réel avec très peu de données.

Préférentiellement, ledit champ contenant un type de toit peut prendre trois valeurs distinctes selon que ledit type de toit est :

- un type de toit à pignon ;
- un type de toit à croupe ;
- un type de toit à un seul pan.

Par exemple, on code par "1" un toit à croupe, par "2" un toit à pignon, et par "3" un toit à un seul pan. Pour plus de précision, le champ contenant le type de toit peut prendre cinq valeurs distinctes, selon que le toit est de type plat, de type à pignon, de type à plusieurs pans de pente identique, de type à un seul pan, ou de

type à plusieurs pans de pentes distinctes.

De façon avantageuse, la structure du signal de l'invention est telle que lesdits modèles de toits de ladite liste ordonnée comprennent aussi l'un au moins des champs appartenant au groupe comprenant :

- 5 - un champ contenant un paramètre d'angle d'inclinaison d'au moins un pan dudit toit ;
- un champ contenant un paramètre de projection d'au moins un sous-toit dudit toit.

De manière préférentielle, lorsque ledit champ contenant un type de toit
10 indique que ledit toit est de type à un seul pan, ledit modèle de toit comprend également un champ contenant un paramètre d'arête support, défini par un indice de l'arête la plus basse dudit bâtiment appartenant audit toit.

L'invention concerne aussi un support de données destiné à stocker le signal de données précité, qui présente une structure de mémorisation d'une liste
15 ordonnée d'au moins deux modèles de toits stockés sous la forme, au moins :

- d'une zone de mémorisation contenant un type de toit ;
- d'une zone de mémorisation contenant une hauteur maximale dudit toit.

La structure d'un tel support de données est telle que la zone de mémorisation contenant une hauteur maximale d'un toit de ladite liste détermine
20 une base dudit toit suivant dans ladite liste, de façon à ce que ladite structure de toit corresponde à la superposition ordonnée desdits toits de ladite liste.

L'invention concerne encore un produit programme d'ordinateur téléchargeable depuis un réseau de communication et/ou stocké sur un support lisible par ordinateur et/ou exécutable par un microprocesseur, qui comprend des
25 instructions de code de programme pour la mise en œuvre du procédé de transmission d'une structure de toit tel que décrit précédemment.

L'invention concerne également un serveur de transmission d'une structure de toit pour la construction d'une représentation tridimensionnelle d'un bâtiment, via un réseau de communication, qui comprend des moyens de transmission d'une
30 liste ordonnée d'au moins deux modèles de toits comprenant chacun au moins :

- un type de toit ;
- un paramètre de hauteur maximale dudit toit.

Ledit paramètre de hauteur maximale d'un toit de ladite liste détermine une base dudit toit suivant dans ladite liste, de façon à ce que ladite structure de toit
5 corresponde à la superposition ordonnée desdits toits de ladite liste.

L'invention concerne encore un procédé de construction d'une représentation tridimensionnelle d'un toit de bâtiment.

Selon l'invention, un tel procédé comprend une étape d'obtention d'une structure de toit, sous la forme d'une liste ordonnée d'au moins deux modèles de
10 toits comprenant chacun au moins :

- un type de toit ;
- un paramètre de hauteur maximale dudit toit ;

et il met en œuvre :

- au moins une itération des étapes suivantes, pour chacun desdits toits de
15 ladite liste ordonnée à l'exception du dernier :
 - construction d'une représentation d'un toit de ladite liste, en fonction dudit type de toit, à partir d'au moins une face supérieure dudit bâtiment ;
 - troncature dudit toit construit, en fonction dudit paramètre de
20 hauteur maximale dudit toit, délivrant un toit tronqué ;
 - détermination d'au moins une face supérieure dudit toit tronqué qui devient ladite au moins une face supérieure dudit bâtiment ;
- pour le dernier toit de ladite liste ordonnée, une étape de construction d'une représentation dudit toit, en fonction dudit type de toit, à partir de ladite au
25 moins une face supérieure dudit bâtiment et, si la hauteur dudit dernier toit construit est supérieure à la hauteur maximale dudit dernier toit, une étape de troncature dudit dernier toit construit.

L'obtention de la liste ordonnée peut consister par exemple en une réception de cette liste, transmise par l'intermédiaire d'un réseau de
30 communication (tel que le réseau mondial Internet par exemple), ou en un

chargement de cette liste depuis un support de données (de type CD-Rom ou DVD). La superposition successive des toits de la liste, en les tronquant en fonction de leur hauteur maximale, permet de reconstruire des toits complexes. Ainsi, en superposant deux toits à pignons présentant des angles d'inclinaison de
5 l'ensemble de leurs pans distincts, on peut obtenir la représentation 3D d'un toit brisé. On rappelle qu'un toit brisé est un toit à deux versants, dont chacun est brisé par un angle obtus de sorte que la pente inférieure est plus raide que la pente supérieure.

On peut superposer un très grand nombre de toits, en fonction du nombre
10 de modèles véhiculés par la liste. Les toits superposés peuvent être de type à pignon, à croupe, à un seul pan et, pour le dernier toit de la liste, de type plat.

Selon une caractéristique avantageuse, ladite étape de construction d'une représentation d'un toit comprend des sous-étapes de :

- calcul d'une structure bidimensionnelle dudit toit ;
- 15 - élévation dudit toit, en fonction d'au moins un angle d'inclinaison dudit toit.

Ainsi, après avoir identifié les sommets du toit dans sa structure bidimensionnelle, on les déplace dans le sens vertical, en fonction de leur hauteur, pour construire une représentation 3D du toit. La hauteur des sommets est
20 calculée en fonction de l'inclinaison des différents pans du toit.

Si le toit comprend un sous-toit, ladite étape de construction d'une représentation d'un toit de ladite liste comprend une sous-étape de calcul d'une projection d'au moins un sous-toit dudit toit, qui permet de déplacer les sommets externes du toit en saillie au-delà des murs du bâtiment.

25 Selon une caractéristique avantageuse de l'invention, ladite étape de troncature dudit toit construit comprend des sous-étapes de :

- détermination d'un plan de troncature, dont l'altitude par rapport à ladite face supérieure dudit bâtiment est égale à ladite hauteur maximale dudit
30 toit ;
- parcours des arêtes dudit toit construit et marquage de la position desdites

arêtes par rapport audit plan de troncature ;

- construction d'une liste d'arêtes et/ou de portions d'arêtes situées au-dessous dudit plan de troncature, appelée liste d'arêtes supérieures dudit toit ;
- 5 - parcours de ladite liste d'arêtes supérieures dudit toit afin de déterminer ladite au moins une face supérieure dudit toit tronqué.

Ainsi, lorsqu'un toit de la liste dépasse la hauteur limite, fixée par exemple par un utilisateur, on le tronque. Ce découpage du toit fournit un ou plusieurs polygones correspondant à la partie supérieure du toit tronqué. Tant qu'il y a des
10 toits à superposer dans la liste ordonnée, on réitère le processus en prenant comme bases du toit à reconstruire les faces supérieures issues de la troncature du toit précédent.

Préférentiellement, pour un toit de type à croupe ou de type à pignon, ladite sous-étape de calcul d'une structure bidimensionnelle dudit toit met en
15 œuvre un calcul d'un squelette droit d'un polygone délimitant :

- une empreinte au sol dudit bâtiment pour le premier toit de ladite liste ordonnée ;
 - ladite au moins une face supérieure dudit bâtiment pour les autres toits de ladite liste ordonnée ;
- 20 et, pour un toit de type à pignon, ladite sous-étape de calcul d'une structure bidimensionnelle dudit toit met également en œuvre une projection d'au moins un sommet extrême dudit squelette droit sur au moins une arête correspondante dudit polygone.

De manière préférentielle, pour un toit de type à un seul pan ou de type
25 plat, ladite sous-étape de calcul d'une structure bidimensionnelle dudit toit met en œuvre une triangulation :

- d'une empreinte au sol dudit bâtiment pour le premier toit de ladite liste ordonnée ;
- de ladite au moins une face supérieure dudit bâtiment pour les autres toits
30 de ladite liste ordonnée.

L'invention concerne aussi un terminal de construction d'une représentation tridimensionnelle d'un toit de bâtiment, qui comprend des moyens d'obtention d'une structure de toit, sous la forme d'une liste ordonnée d'au moins deux modèles de toits comprenant chacun au moins :

- 5 - un type de toit ;
 - un paramètre de hauteur maximale dudit toit ;
- et qui met en œuvre :
- au moins une fois, sous la forme d'une itération, pour chacun desdits toits de ladite liste ordonnée à l'exception du dernier :
- 10 - des moyens de construction d'une représentation d'un toit de ladite liste, en fonction dudit type de toit, à partir d'au moins une face supérieure dudit bâtiment ;
 - des moyens de troncature dudit toit construit, en fonction dudit paramètre de hauteur maximale dudit toit, délivrant un toit
 - 15 tronqué ;
 - des moyens de détermination d'au moins une face supérieure dudit toit tronqué qui devient ladite au moins une face supérieure dudit bâtiment ;
- pour le dernier toit de ladite liste ordonnée, des moyens de construction
 - 20 d'une représentation dudit toit, en fonction dudit type de toit, à partir de ladite au moins une face supérieure dudit bâtiment et, si la hauteur dudit dernier toit construit est supérieure à la hauteur maximale dudit dernier toit, des moyens de troncature dudit dernier toit construit.

L'invention concerne enfin un produit programme d'ordinateur

25 téléchargeable depuis un réseau de communication et/ou stocké sur un support lisible par ordinateur et/ou exécutable par un microprocesseur, qui comprend des instructions de code de programme pour la mise en œuvre du procédé de construction d'une représentation tridimensionnelle d'un toit de bâtiment tel que décrit précédemment.

30 **6. Liste des figures**

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante d'un mode de réalisation préférentiel, donné à titre de simple exemple illustratif et non limitatif, et des dessins annexés, parmi lesquels :

- 5 - la figure 1 présente un exemple de toits complexes dont on peut obtenir une représentation 3D réaliste grâce à la technique de l'invention ;
- la figure 2 présente un organigramme détaillé du procédé de construction d'une structure de toit de l'invention ;
- la figure 3 illustre le résultat du calcul d'un squelette droit pour un
10 polygone quelconque ;
- la figure 4 décrit le principe de projection des sommets extrêmes sur l'arête correspondante de l'empreinte au sol du bâtiment dans le cas d'un toit à pignon ;
- la figure 5 illustre le principe de déplacement des sommets externes de la
15 structure 2D d'un toit pour créer un sous-toit ;
- la figure 6 illustre le principe de troncature d'un toit par un plan de coupe horizontal ;
- la figure 7 illustre le résultat visuel obtenu par superposition d'un toit à plusieurs pans et d'un toit à pignon pour un bâtiment présentant une
20 empreinte au sol rectangulaire ;
- la figure 8 présente la structure d'un signal de transmission d'un toit selon l'invention ;
- la figure 9 présente un synoptique d'un terminal de construction d'une représentation 3D d'un toit selon l'invention ;
- 25 - la figure 10 illustre l'architecture d'un serveur de transmission d'une structure de toit selon l'invention.

7. Description d'un mode de réalisation de l'invention

Le principe général de l'invention repose sur la transmission d'une structure de toit sous la forme d'une liste ordonnée de modèles de toits
30 procéduraux. Chaque modèle de toit présente une structure simple, constituée d'un

type de toits et d'un ou plusieurs paramètres de reconstruction, induisant un faible volume de données à transmettre. En outre, ces différents toits peuvent être superposés, dans l'ordre défini par la liste, pour reconstruire une représentation 3D de la structure de toit réelle.

5 On présente, en relation avec la figure 1, un exemple de toits complexes dont une représentation tridimensionnelle peut être obtenue selon la technique de l'invention. La figure 1 illustre une église, et les bâtiments attenants. Le toit 1 couvrant la nef de l'église correspond à la superposition de deux toits à croupe : le
10 toit à croupe inférieur 2 présente trois versants principaux 10 à 12, et un grand nombre de pans 13 de taille plus réduite, au-dessus du chœur de l'église, pour former la portion arrondie de la toiture ; les pans du toit à croupe supérieur 3
15 présentent des pentes plus raides que le toit à croupe inférieur 2.

 La figure 2 présente un organigramme détaillé des différentes étapes de construction d'une représentation 3D d'un toit de bâtiment, à partir d'une liste
20 ordonnée de modèles de toit procéduraux.

 La première étape 20 est une étape d'obtention de la structure de toit à reconstruire, sous forme de liste ordonnée de modèles de toits simples à superposer, définis à l'aide d'un ou plusieurs paramètres procéduraux. Cette étape peut résulter de la réception de la liste, transmise par un serveur distant à travers
25 un réseau de communication. Elle peut également résulter du chargement de cette liste depuis un support de données accessible au terminal de reconstruction qui la met en œuvre. Ce terminal dispose par ailleurs également de l'empreinte au sol du bâtiment dont il doit reconstruire le toit. La façon dont cette empreinte au sol a été
30 obtenue ne fait pas l'objet de la présente invention et ne sera donc pas décrite ici plus en détail. Pour plus d'information, on pourra se référer par exemple à la demande de brevet européen n°04 290 607.3, intitulée "procédé pour la gestion de la représentation d'au moins une scène 3D modélisée" au nom du même déposant que la présente demande de brevet.

 Les toits de la liste ordonnée peuvent être d'un des cinq types suivants :

30 - toit plat (0=FLAT) ;

- toit à plusieurs pans de pente identique (1=HIP) ;
- toit à pignon (2=GABLE) ;
- toit à un seul pan (3=SALT_BOX) ;
- toit à plusieurs pans de pentes distinctes (4).

5 Dans le champ du modèle de toit contenant le type de toit, on code donc sur trois bits l'une des valeurs 0 à 4, pour indiquer le type du toit considéré.

On utilise pour la description du modèle de flux de données une syntaxe orientée objet, telle que décrite en annexe A, qui fait partie intégrante de la présente description.

10 A chaque type de toit sont donc associés divers paramètres procéduraux nécessaires à la construction de la représentation 3D du toit :

- Toit plat : aucun paramètre.
- Toit à plusieurs pans :
 - 15 ■ La pente du toit (ou de chacun des pans de toit), exprimée en degré ;
 - La hauteur du toit, permettant de tronquer sa partie supérieure ;
 - La projection du sous toit, permettant de continuer chaque pan de toit à l'extérieur de l'empreinte au sol du bâtiment ;
- Toit à pignon :
 - 20 ■ La pente du toit, exprimée en degré ;
 - La hauteur du toit, permettant de tronquer sa partie supérieure ;
 - La projection du sous toit, permettant de continuer chaque pan de toit à l'extérieur de l'empreinte au sol du bâtiment ;
- Toit à un seul pan :
 - 25 ■ La pente de l'unique pan de toit, exprimée en degré ;
 - La hauteur du toit, permettant de tronquer sa partie supérieure ;
 - La projection du sous toit, permettant de continuer chaque pan de toit à l'extérieur de l'empreinte au sol du bâtiment ;
 - 30 ■ L'index de l'arête du bâtiment sur laquelle s'appuie le toit (partie la plus basse du toit).

Ce modèle de flux de données peut être directement intégré dans celui de la représentation multi-résolution basée empreinte au sol permettant de représenter un modèle de ville composé de modèles de bâtiments prismatiques, qui fait l'objet de la demande de brevet européen susmentionnée, intitulée "Procédé pour la gestion de la représentation d'au moins une scène 3D modélisée" (EP 04290607.3).

Après obtention 20, le terminal de reconstruction décode cette liste ordonnée, et en extrait les modèles de toit successifs qu'elle contient. Pour chacun de ces modèles, il procède à deux grandes phases successives de :

- calcul 21 de la structure 2D du toit ;
- élévation 22 du toit.

Si un sous-toit est défini, le terminal réalise également une phase 23 de projection du sous-toit, et, si la hauteur du toit dépasse la hauteur maximale indiquée dans le modèle de toit (par exemple la hauteur maximale définie par un utilisateur), une phase 24 de troncature du toit. Il procède ainsi de manière itérative pour chacun des toits de la liste ordonnée. On décrit plus en détail ci-après ces différentes phases.

On sélectionne donc tout d'abord le premier modèle de toit de la liste ordonnée, et on procède au calcul 21 de la structure bidimensionnelle du toit correspondant.

Pour ce faire, on teste 210 si le toit est basé sur un squelette droit, c'est-à-dire s'il s'agit d'un toit de type à croupe ou de type à pignon.

Dans la négative 212, c'est-à-dire si le toit est de type plat ou à un seul pan, on construit sa structure bidimensionnelle par triangulation du polygone constitué par l'empreinte au sol du bâtiment, selon une technique connue qui ne fait pas l'objet de la présente invention et ne sera donc pas décrite ici plus en détail. Cette triangulation est une triangulation contrainte par les arêtes du polygone.

Dans l'affirmative, on procède au calcul 211 du squelette droit de l'empreinte au sol du bâtiment, qui permet d'obtenir la structure 2D du toit. Ce calcul est effectué à l'aide d'une librairie implémentée par P. Felkel and S. Obdrzalek, telle que décrite dans "Straight Skeleton Implementation", Spring

Conference on Computer Graphics, 1998. Cette étape de calcul 211 du squelette droit sera décrite plus en détail ci-après en relation avec la figure 3.

On teste ensuite 213 si le toit dont on vient de construire le squelette droit est de type à pignon. Dans l'affirmative, on projette 214 les sommets extrêmes 40, 41 du squelette droit (représenté en traits pointillés sur la figure 4) sur les arêtes correspondantes du polygone 30 (représentant l'empreinte au sol du bâtiment), comme illustré en figure 4. On définit un sommet extrême 40, 41 comme l'intersection de deux bissectrices issues d'angles consécutifs de l'empreinte au sol 30. La projection de ce sommet 40, 41 sur l'arête 401, 411 comprise entre ces deux angles suit la direction de l'arête faîtière 402, 412 rattachée à ce sommet extrême 40, 41.

A l'issue de cette projection 214, ou en cas de réponse négative au test 213, on passe à la phase 22 d'élévation du toit.

La phase 22 d'élévation du toit comprend une unique étape 220 de calcul de la hauteur des sommets de la structure bidimensionnelle du toit déterminée lors de la phase 21. Ce calcul de la hauteur des sommets s'effectue suivant l'inclinaison des pans de toit, et permet d'obtenir un modèle non plus 2D, mais 3D du toit. En d'autres termes, on vient lire dans le modèle de toit transmis dans la liste ordonnée le paramètre d'angle d'inclinaison de chacun des versants du toit (sauf bien sûr pour les toits plats). On élève ensuite chacun des pans de toit de façon à ce que l'angle qu'il forme par rapport à l'horizontal soit égal à la pente du toit stipulée dans le modèle procédural du toit considéré, et on détermine, par simple calcul trigonométrique, la hauteur de chacun des sommets par rapport à la base du toit.

Après élévation 22 du toit, qui permet d'en obtenir une structure 3D, on teste 230 si un sous-toit a été défini (par un utilisateur par exemple) pour le modèle de toit considéré.

Dans l'affirmative, on calcule 23 la projection du sous-toit. Pour ce faire, et comme illustré par la figure 5, les sommets externes 51 à 54 du squelette 50 (squelette droit ou structure 2D obtenue par triangulation) correspondant à l'empreinte au sol d'origine sont déplacés 231 vers l'extérieur (selon les flèches en

pointillés), en saillie par rapport aux murs du bâtiment, tout en conservant l'inclinaison des pans de toit. On crée ainsi un sous-toit. Le calcul de la position de ces nouveaux sommets 510, 520, 530 et 540 prend en compte la projection du sous-toit défini dans le flux de données décrit précédemment.

5 Après calcul 23 de la projection du sous-toit, ou si aucun sous-toit n'est défini pour le modèle de toit considéré, on teste si la hauteur du toit dont on a ainsi reconstruit une structure 3D est ou non supérieure à la hauteur maximale autorisée (par exemple définie par un utilisateur et indiquée dans le champ correspondant du modèle de toit).

10 Dans la négative, le procédé de reconstruction du toit prend fin 26.

 Dans l'affirmative, le terminal de reconstruction entreprend une phase 24 de troncature du toit reconstruit, illustrée par la figure 6.

 A cette fin, on considère l'ensemble des arêtes constituant la structure 3D du toit, à chacune desquelles on associe un sens de parcours, et l'on double les arêtes qui n'appartiennent pas à l'enveloppe externe de l'empreinte au sol, en leur associant deux sens de parcours opposés.

15 Lors de l'étape référencée 241, toutes les arêtes du squelette sont parcourues, afin d'effectuer un marquage correspondant à leur position par rapport au plan de coupe 60, encore appelé plan de troncature (plan horizontal dont la hauteur correspond à la hauteur maximum du toit, telle qu'indiquée dans le champ correspondant du modèle de toit considéré) :

- En dessous : l'arête se situe entièrement en dessous du plan de coupe (arêtes 61, 62) ;
- Au-dessus : l'arête se situe entièrement au-dessus du plan de coupe (faîtière 63) ;
- 25 – Montante : l'arête intersecte le plan de coupe en montant (compte tenu du sens de parcours considéré, le point d'origine de l'arête est de hauteur inférieure à celle du point cible de l'arête) (arêtes 64, 65₁) ;

- Descendante : l'arête intersecte le plan de coupe en descendant (compte tenu du sens de parcours considéré, le point d'origine de l'arête est de hauteur supérieure à celle du point cible de l'arête) (arêtes 65₂, 66).

5 Pour réaliser ce parcours, on sélectionne une arête de départ du toit, on la parcourt depuis son point d'origine vers son point cible. Pour s'assurer de parcourir l'ensemble des arêtes de la structure, on choisit l'arête suivante comme l'arête ayant comme origine le point cible de la première arête parcourue, et formant le plus petit angle avec cette première arête. On procède ainsi d'arête en arête jusqu'à ce que toutes les arêtes aient été marquées.

10 Lors de l'étape référencée 242, l'ensemble de ces arêtes marquées sont à nouveau parcourues, et :

- sont conservées dans le cas où elles sont marquées en dessous (61, 62) ;
- sont supprimées dans le cas où elles sont marquées au dessus (63).

15 Dans le cas où les arêtes sont montantes (64), seule la partie de l'arête située en dessous du plan de coupe est conservée (portion en trait plein de l'arête 64). Une nouvelle arête est donc créée, ayant comme origine le sommet d'origine de l'arête 64 est comme sommet cible le point d'intersection de l'arête montante avec le plan de troncature 60.

20 Dès que l'on retrouve une arête descendante (65₂), une autre nouvelle arête est également créée ayant :

- comme origine, le sommet cible de la nouvelle arête montante créée, c'est-à-dire le point d'intersection A du plan de coupe 60 avec la dernière arête montante considérée 64 ;
- comme cible, le sommet B correspondant à l'intersection du plan de coupe 60 avec l'arête descendante courante 65₂.

25 La partie de l'arête descendante située en dessous du plan de coupe (portion en trait pleins de l'arête descendante 65₂) est aussi conservée, sous la forme d'une nouvelle arête.

30 L'étape référencée 243 permet de déterminer les faces supérieures du toit issues de la troncature. Elle repose sur une liste d'arêtes supérieures du toit, créée

lors de l'étape référencée 242. En effet, lors de cette étape précédente, lorsqu'une nouvelle arête est créée (ayant pour origine l'intersection d'une arête montante avec le plan de coupe, et pour cible l'intersection d'une arête descendante avec le plan de coupe, par exemple l'arête [AB]), celle-ci est aussi ajoutée à une liste des arêtes supérieures du toit. Un simple parcours de cette liste permet de reconstruire
5 les faces supérieures du toit. 243 les faces supérieures du toit.

Après réalisation de la troncature 24, on teste 250 s'il existe au moins un toit à superposer sur le toit que l'on vient de reconstruire. Ce test revient à déterminer s'il existe encore au moins un modèle de toit dans la liste ordonnée
10 obtenue lors de l'étape 20.

Dans la négative, la reconstruction prend fin 26. On notera que, dans ce cas, la structure de toit obtenue est creuse, ce à quoi il peut être remédié en ne mettant pas fin à la reconstruction mais en superposant un toit plat sur le dernier toit reconstruit.

S'il existe encore au moins un toit à superposer dans la liste ordonnée, on reboucle 251 sur la phase 21 de calcul de la structure 2D du toit suivant dans la liste. L'ensemble des étapes référencées 210 à 250 sont donc réitérées, en remplaçant les empreintes au sol par les faces supérieures du toit précédent, obtenues lors de l'étape référencée 243, et en considérant les paramètres
15 procéduraux associés à ce nouveau modèle de toit à superposer. 20

On rappelle ci-après, en relation avec la figure 3, le principe du calcul du squelette droit d'un polygone quelconque, tel que proposé par P. Felkel et S. Obdrzalek, dans "Straight Skeleton Implementation", Spring Conference on Computer Graphics, 1998.

On considère le polygone 30, représenté en traits pleins sur la figure 3, qui correspond par exemple à l'empreinte au sol d'un bâtiment dont on cherche à reconstruire une représentation 3D.
25

Le calcul du squelette droit du polygone 30 est réalisé par érosion successive de ce polygone. Plus précisément, c'est la trajectoire des sommets du polygone 30 lors de l'érosion qui constitue son squelette droit. Ces trajectoires
30

sont représentées en traits pointillés sur la figure 3.

En pratique, la trajectoire des sommets du polygone 30 lors de l'érosion peut être obtenue par construction des bissectrices des angles du polygone.

5 Ce squelette droit correspond à une structure de toit (c'est-à-dire un ensemble de faîtières) réaliste, et peut être utilisé pour la reconstruction automatique d'un toit à plusieurs pans à partir de l'empreinte au sol 30 d'un bâtiment.

La figure 7 présente trois vues d'une représentation 3D d'un bâtiment et de la structure de toit associée reconstruite, selon le procédé de l'invention, à partir
10 du flux de données ci-dessous, dont la syntaxe est conforme à celle qui a été présentée précédemment dans le document :

2 1 2.0 50.0 0.7 2 6.0 25.0 0.0

On identifie ci-dessous chacun des paramètres de ce flux de données, structuré sous forme de liste ordonnée :

- 15 2 : La structure de toit à reconstruire compte deux toits superposés (70, 71)
 1 : Le premier toit (71) est de type à plusieurs pans de pente identique
 2.0 : le premier toit (71) est d'une hauteur de 2m maximum
 50.0 : les pans du premier toit (71) sont tous inclinés à 50°
 0.7 : le premier toit (71) présente une projection de sous toit de 0.7m
 20 2 : le deuxième toit (70) est de type à pignon
 6.0 : le deuxième toit (70) est d'une hauteur de 6m maximum
 25.0 : les pans du deuxième toit (70) sont inclinés à 25°
 0.0 : le deuxième toit (70) est sans sous toit.

La figure 8 illustre la structure du signal de transmission d'une structure de
25 toit de l'invention. Un tel signal comprend par exemple dans son en-tête 80 le nombre N de modèles de toits contenus dans la liste ordonnée véhiculée par la partie utile (payload) du signal.

Cette liste ordonnée est constituée d'une succession de modèles de toits M1, M2 à MN, qui comprennent chacun au moins :

- 30 - un champ T indiquant le type du toit ;

- un champ H indiquant sa hauteur maximum ;

Bien sûr, comme on l'a décrit ci-dessus, chacun des modèles M1 à MN peut comprendre d'autres champs contenant d'autres paramètres procéduraux associés au type de toit considéré (angles d'inclinaison, projection du sous-toit, etc.). De même, si l'un des modèles M1 à MN correspond à un type T de toit plat, ce modèle ne comprend pas de champ H.

La figure 8 illustre donc un cas simple et général de structure du signal de l'invention.

On présente désormais, en relation avec la figure 9, la structure matérielle d'un terminal de construction d'une représentation 3D d'une structure de toit mettant en œuvre la méthode décrite ci-dessus.

Un tel terminal de construction comprend une mémoire M 91, une unité de traitement 90 P, équipée par exemple d'un microprocesseur μ P, et pilotée par le programme d'ordinateur Pg 92. A l'initialisation, les instructions de code du programme d'ordinateur 92 sont par exemple chargées dans une mémoire RAM avant d'être exécutées par le processeur de l'unité de traitement 90. L'unité de traitement 90 reçoit en entrée une structure de toit 93 à reconstruire, sous la forme d'une liste ordonnée de modèles de toits procéduraux, véhiculée par exemple par un signal du type de celui de la figure 8. Le microprocesseur μ P de l'unité de traitement 90 met en œuvre les étapes du procédé itératif décrit précédemment en relation avec la figure 2, selon les instructions du programme Pg 92. L'unité de traitement 90 délivre en sortie une représentation graphique tridimensionnelle 94 de la structure de toit 93. Un tel terminal de reconstruction peut également réaliser la reconstruction du corps du bâtiment associé à cette structure de toit, selon une technique connue de l'art antérieur, basée par exemple sur l'empreinte au sol du bâtiment.

La figure 10 illustre la structure matérielle d'un serveur de transmission d'une structure de toit, destinée par exemple au terminal de reconstruction de la figure 9 et véhiculée sous la forme d'un signal de la figure 8, à travers un réseau de communication.

Un tel serveur de transmission comprend une mémoire M 101, une unité de traitement 100 P, équipée par exemple d'un microprocesseur μ P, et pilotée par le programme d'ordinateur Pg 102. A l'initialisation, les instructions de code du programme d'ordinateur 102 sont par exemple chargées dans une mémoire RAM

5 avant d'être exécutées par le processeur de l'unité de traitement 100. L'unité de traitement 100 reçoit en entrée une structure de toit 103 à transmettre, sous la forme d'une liste ordonnée de modèles de toits procéduraux. En variante, l'unité de traitement 100 peut également recevoir en entrée un ensemble de toits, associés chacun à un type et à un paramètre de hauteur maximum, et se charger de la

10 construction, à partir de ces toits et de leurs paramètres, d'une liste ordonnée de modèles de toits procéduraux. Le microprocesseur μ P de l'unité de traitement 100 met en œuvre les étapes du procédé de transmission décrit précédemment, selon les instructions du programme Pg 102. L'unité de traitement 100 délivre en sortie un signal 104 de données représentatives d'une structure de toit, du type de celui

15 de la figure 8, qui est destiné à transiter via un réseau de communication jusqu'à un terminal de construction du type de celui de la figure 9.

ANNEXE A

Syntaxe orientée objet utilisée pour la description d'un modèle de flux de données :

```

class Roof {
5         int          nbRoofs
          RoofPart[]  roofs
    }
class RoofPart {
          int(3) roofType
10         switch (roofType) {
            case 0 : // Toit plat
            case 1 : // Toit à plusieurs pans de pente identique
                    float roofHeight
                    float roofSlopeAngle
15                    float roofEaveProjection
            case 2 : // Toit à pignon
                    float roofHeight
                    float roofSlopeAngle
                    float roofEaveProjection
20            case 3 : // Toit à un seul pan
                    float roofHeight
                    float roofSlopeAngle
                    float roofEaveProjection
                    int    roofEdgeSupportIndex
25            case 4 : // Toit à plusieurs pans de pentes distinctes
                    float roofHeight
                    float roofSlopeAngle[]
                    float roofEaveProjection
          }
30    }

```

La sémantique utilisée est la suivante :

- **nbRoofs** correspond au nombre de toits superposés pour le bâtiment courant, c'est-à-dire au nombre de toits de la liste ordonnée ;
- **Roofs** est un tableau de toits décrit par la class RoofPart. Ce tableau doit être de taille nbRoofs ;
- 5 - **roofType** est le type de toit : 0 – Flat; 1 – Hip; 2 – Gable; 3 – Salt Box ; 4
- Hip avec pentes distinctes pour les différents versants du toit ;
- **roofHeight** est la hauteur du toit. Si cette valeur est négative, le toit n'est pas tronqué. Ce cas de figure correspond à celui d'un toit présentant une pente négative également, c'est-à-dire un toit qui s'étend vers l'intérieur du
10 bâtiment ;
- **roofSlopeAngle** est l'inclinaison de chaque pan de toit. Dans le cas d'un toit à croupe à pans de pente identique, roofSlopeAngle est donc un flottant indiquant la pente du toit. Dans le cas d'un toit à croupe à pans de pentes distinctes, roofSlopeAngle est un tableau indiquant la pente de
15 chacun des pans du toit, dont la dimension est égale au nombre de pans du toit. On notera que, dans ce dernier cas, un ou plusieurs des angles de ce tableau peut valoir 90°, de façon à définir un toit à pignon présentant des versants de pentes distinctes ;
- **roofEaveProjection** correspond à la projection du sous toit ;
- 20 - **roofEdgeSupportIndex** est utilisé pour les toits à un seul pan. Il correspond à l'index de l'arête du polygone décrivant l'empreinte au sol qui supporte le toit (où le toit est le plus bas).

REVENDEICATIONS

1. Procédé de transmission d'une structure de toit pour la construction d'une représentation tridimensionnelle d'un bâtiment, via un réseau de communication, caractérisé en ce qu'il comprend une étape de transmission d'une liste ordonnée
5 d'au moins deux modèles de toits (M1, M2, MN) comprenant chacun au moins :
 - un type de toit (T) ;
 - un paramètre de hauteur maximale (H) dudit toit ;et en ce que ledit paramètre de hauteur maximale (H) d'un toit de ladite liste détermine une base dudit toit suivant dans ladite liste,
10 de façon à ce que ladite structure de toit corresponde à la superposition ordonnée desdits toits de ladite liste.
2. Procédé de transmission d'une structure de toit selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit type de toit (T) est choisi dans un groupe comprenant :
 - un type de toit à pignon ;
 - 15 - un type de toit à croupe ;
 - un type de toit à un seul pan.
3. Procédé de transmission d'une structure de toit selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que lesdits modèles de toits (M1, M2, MN) de ladite liste ordonnée comprennent aussi l'un au moins des paramètres
20 appartenant au groupe comprenant :
 - un paramètre d'angle d'inclinaison d'au moins un pan dudit toit ;
 - un paramètre de projection d'au moins un sous-toit dudit toit.
4. Procédé de transmission d'une structure de toit selon l'une quelconque des revendications 2 et 3, caractérisé en ce que, lorsque ledit toit est de type à un seul
25 pan, ledit modèle de toit comprend également un paramètre d'arête support, défini par un indice de l'arête la plus basse dudit bâtiment appartenant audit toit.
5. Procédé de transmission d'une structure de toit selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que ladite liste ordonnée comprend également au moins un modèle de toit de type plat qui ne comprend aucun
30 paramètre.

- 6.** Signal de données représentatives d'une structure de toit pour la construction d'une représentation tridimensionnelle d'un bâtiment, caractérisé en ce qu'il présente une structure de liste ordonnée d'au moins deux modèles de toits (M1, M2, MN) comprenant chacun au moins :
- 5 - un champ contenant un type de toit (T) ;
- un champ contenant une hauteur maximale (H) dudit toit ;
et en ce que ledit champ contenant une hauteur maximale (H) d'un toit de ladite liste détermine une base dudit toit suivant dans ladite liste, de façon à ce que ladite structure de toit corresponde à la superposition ordonnée desdits toits de ladite
- 10 liste.
- 7.** Produit programme d'ordinateur téléchargeable depuis un réseau de communication et/ou stocké sur un support lisible par ordinateur et/ou exécutable par un microprocesseur, caractérisé en ce qu'il comprend des instructions de code de programme pour la mise en œuvre du procédé de transmission d'une structure
- 15 de toit selon l'une au moins des revendications 1 à 5.
- 8.** Serveur de transmission d'une structure de toit pour la construction d'une représentation tridimensionnelle d'un bâtiment, via un réseau de communication, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens de transmission d'une liste ordonnée d'au moins deux modèles de toits (M1, M2, MN) comprenant chacun au moins :
- 20 - un type de toit (T) ;
- un paramètre de hauteur maximale (H) dudit toit ;
et en ce que ledit paramètre de hauteur maximale (H) d'un toit de ladite liste détermine une base dudit toit suivant dans ladite liste,
de façon à ce que ladite structure de toit corresponde à la superposition ordonnée
- 25 desdits toits de ladite liste.
- 9.** Procédé de construction d'une représentation tridimensionnelle d'un toit de bâtiment,
- caractérisé en ce qu'il comprend une étape d'obtention (20) d'une structure de toit, sous la forme d'une liste ordonnée d'au moins deux modèles de toits (M1, M2,
- 30 MN) comprenant chacun au moins :

- un type de toit (T) ;
- un paramètre de hauteur maximale (H) dudit toit ;

et en ce qu'il met en œuvre :

- au moins une itération des étapes suivantes, pour chacun desdits toits de ladite liste ordonnée à l'exception du dernier :
5
- construction d'une représentation d'un toit de ladite liste, en fonction dudit type de toit, à partir d'au moins une face supérieure dudit bâtiment ;
- troncature dudit toit construit, en fonction dudit paramètre de hauteur maximale dudit toit, délivrant un toit tronqué (24) ;
10
- détermination d'au moins une face supérieure dudit toit tronqué qui devient ladite au moins une face supérieure dudit bâtiment ;
- pour le dernier toit de ladite liste ordonnée, une étape de construction d'une représentation dudit toit, en fonction dudit type de toit, à partir de ladite au moins une face supérieure dudit bâtiment et, si la hauteur dudit dernier toit construit est supérieure à la hauteur maximale dudit dernier toit, une étape de troncature dudit dernier toit construit.
15
- 10.** Procédé de construction selon la revendication 9, caractérisé en ce que ladite étape de construction d'une représentation d'un toit comprend des sous-étapes de :
- calcul d'une structure bidimensionnelle dudit toit (21) ;
 - élévation dudit toit, en fonction d'au moins un angle d'inclinaison dudit toit (22).
- 11.** Procédé de construction selon l'une quelconque des revendications 9 et 10, caractérisé en ce que ladite étape de construction d'une représentation d'un toit de ladite liste comprend une sous-étape de calcul d'une projection (214) d'au moins un sous-toit dudit toit.
25
- 12.** Procédé de construction selon l'une quelconque des revendications 10 et 11, caractérisé en ce que ladite étape de troncature (24) dudit toit construit
30 comprend des sous-étapes de :

- détermination d'un plan de troncature, dont l'altitude par rapport à ladite face supérieure dudit bâtiment est égale à ladite hauteur maximale dudit toit ;
- parcours des arêtes dudit toit construit et marquage de la position desdites arêtes par rapport audit plan de troncature ;
- construction d'une liste d'arêtes et/ou de portions d'arêtes situées au-dessous dudit plan de troncature, appelée liste d'arêtes supérieures dudit toit ;
- parcours de ladite liste d'arêtes supérieures dudit toit afin de déterminer ladite au moins une face supérieure dudit toit tronqué.

13. Procédé de construction selon l'une quelconque des revendications 10 à 12, caractérisé en ce que, pour un toit de type à croupe ou de type à pignon, ladite sous-étape de calcul d'une structure bidimensionnelle dudit toit met en œuvre un calcul d'un squelette droit d'un polygone délimitant :

- une empreinte au sol dudit bâtiment pour le premier toit de ladite liste ordonnée ;
- ladite au moins une face supérieure dudit bâtiment pour les autres toits de ladite liste ordonnée ;

et en ce que, pour un toit de type à pignon, ladite sous-étape de calcul d'une structure bidimensionnelle dudit toit met également en œuvre une projection d'au moins un sommet extrême dudit squelette droit sur au moins une arête correspondante dudit polygone.

14. Terminal de construction d'une représentation tridimensionnelle d'un toit de bâtiment,

caractérisé en ce qu'il comprend des moyens d'obtention d'une structure de toit, sous la forme d'une liste ordonnée d'au moins deux modèles de toits (M1, M2, MN) comprenant chacun au moins :

- un type de toit (T) ;
- un paramètre de hauteur maximale (H) dudit toit ;

et en ce qu'il met en œuvre :

- au moins une fois, sous la forme d'une itération, pour chacun desdits toits de ladite liste ordonnée à l'exception du dernier :
 - des moyens de construction d'une représentation d'un toit de ladite liste, en fonction dudit type de toit, à partir d'au moins une face supérieure dudit bâtiment ;
 - des moyens de troncature dudit toit construit, en fonction dudit paramètre de hauteur maximale dudit toit, délivrant un toit tronqué (22) ;
 - des moyens de détermination d'au moins une face supérieure dudit toit tronqué qui devient ladite au moins une face supérieure dudit bâtiment ;
 - pour le dernier toit de ladite liste ordonnée, des moyens de construction d'une représentation dudit toit, en fonction dudit type de toit, à partir de ladite au moins une face supérieure dudit bâtiment et, si la hauteur dudit dernier toit construit est supérieure à la hauteur maximale dudit dernier toit, des moyens de troncature dudit dernier toit construit.
15. Produit programme d'ordinateur téléchargeable depuis un réseau de communication et/ou stocké sur un support lisible par ordinateur et/ou exécutable par un microprocesseur, caractérisé en ce qu'il comprend des instructions de code de programme pour la mise en œuvre du procédé de construction selon l'une au moins des revendications 9 à 13.

1/5

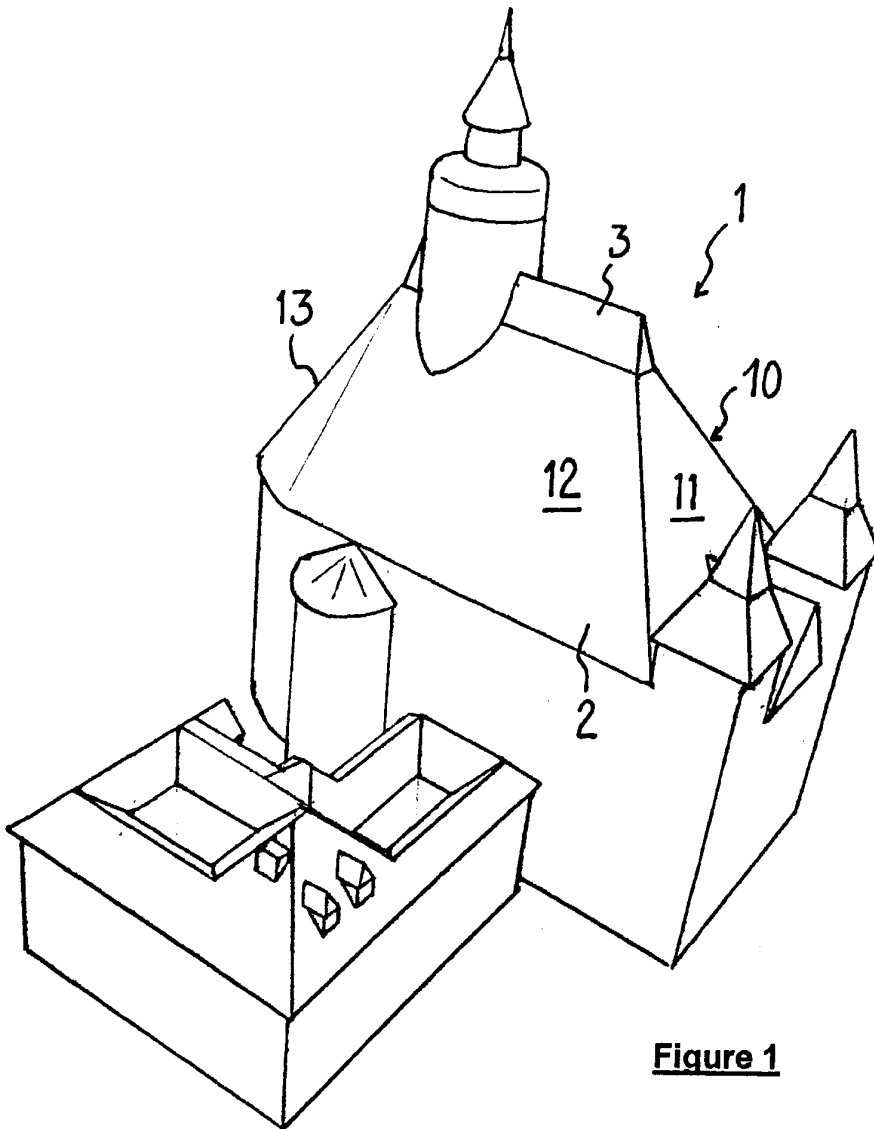


Figure 1

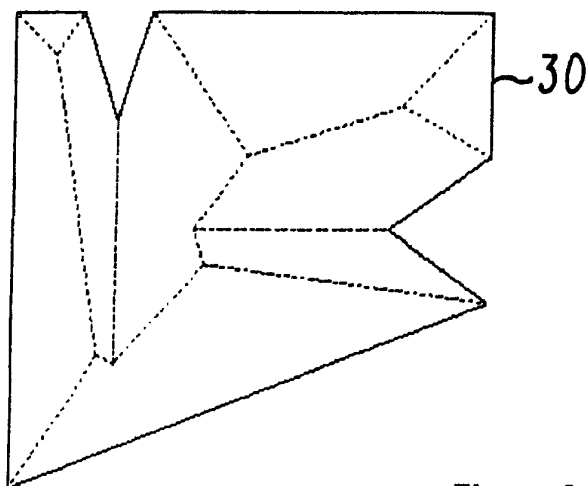


Figure 3

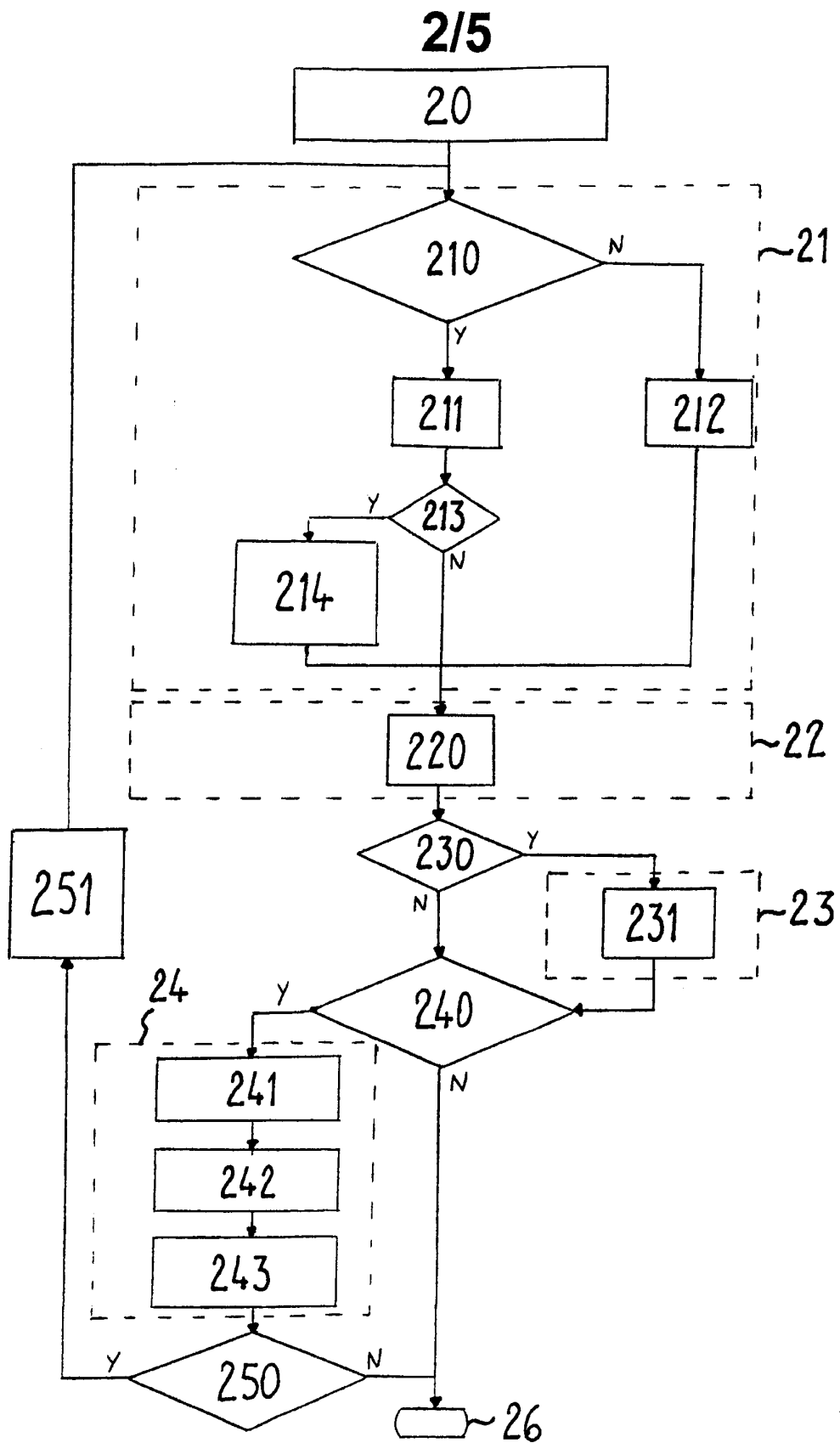


Figure 2

3/5

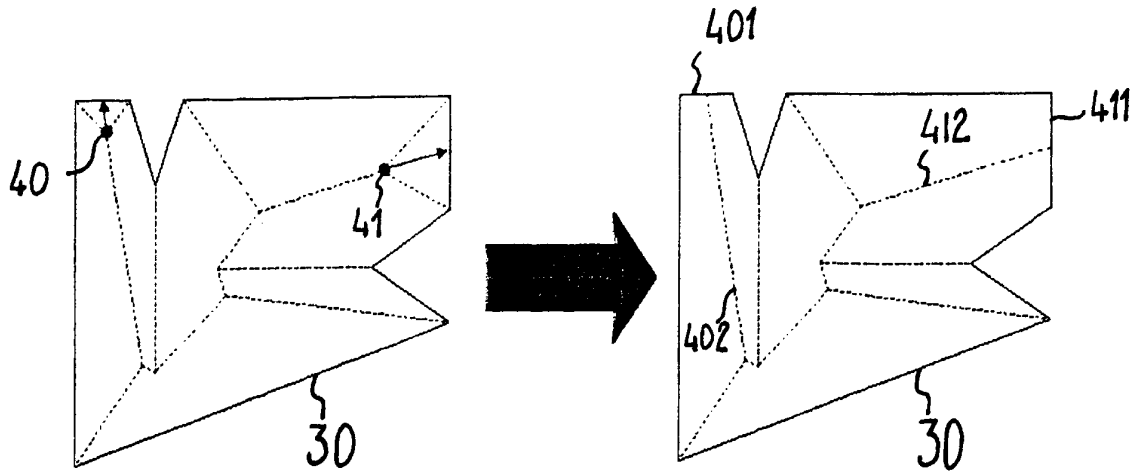


Figure 4

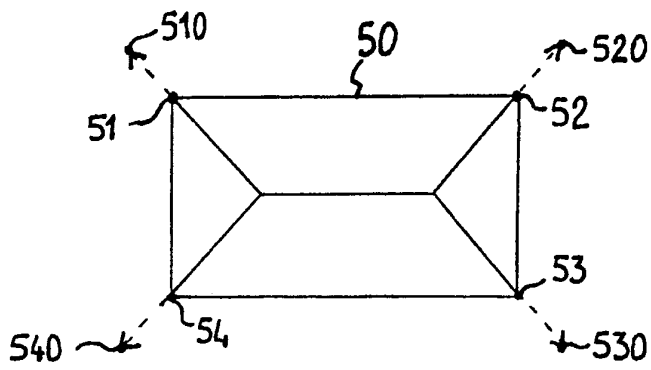


Figure 5

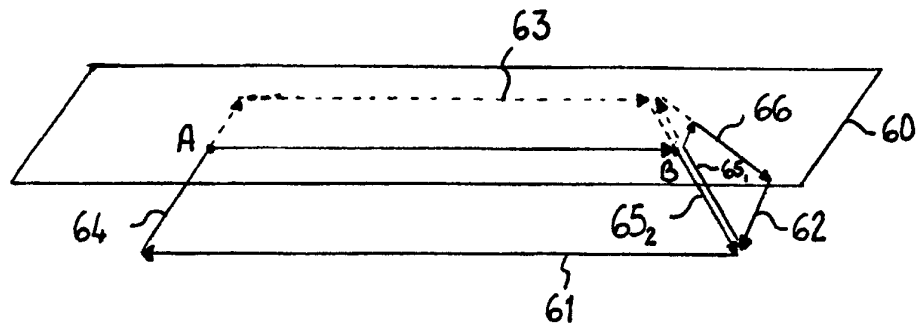


Figure 6

4/5

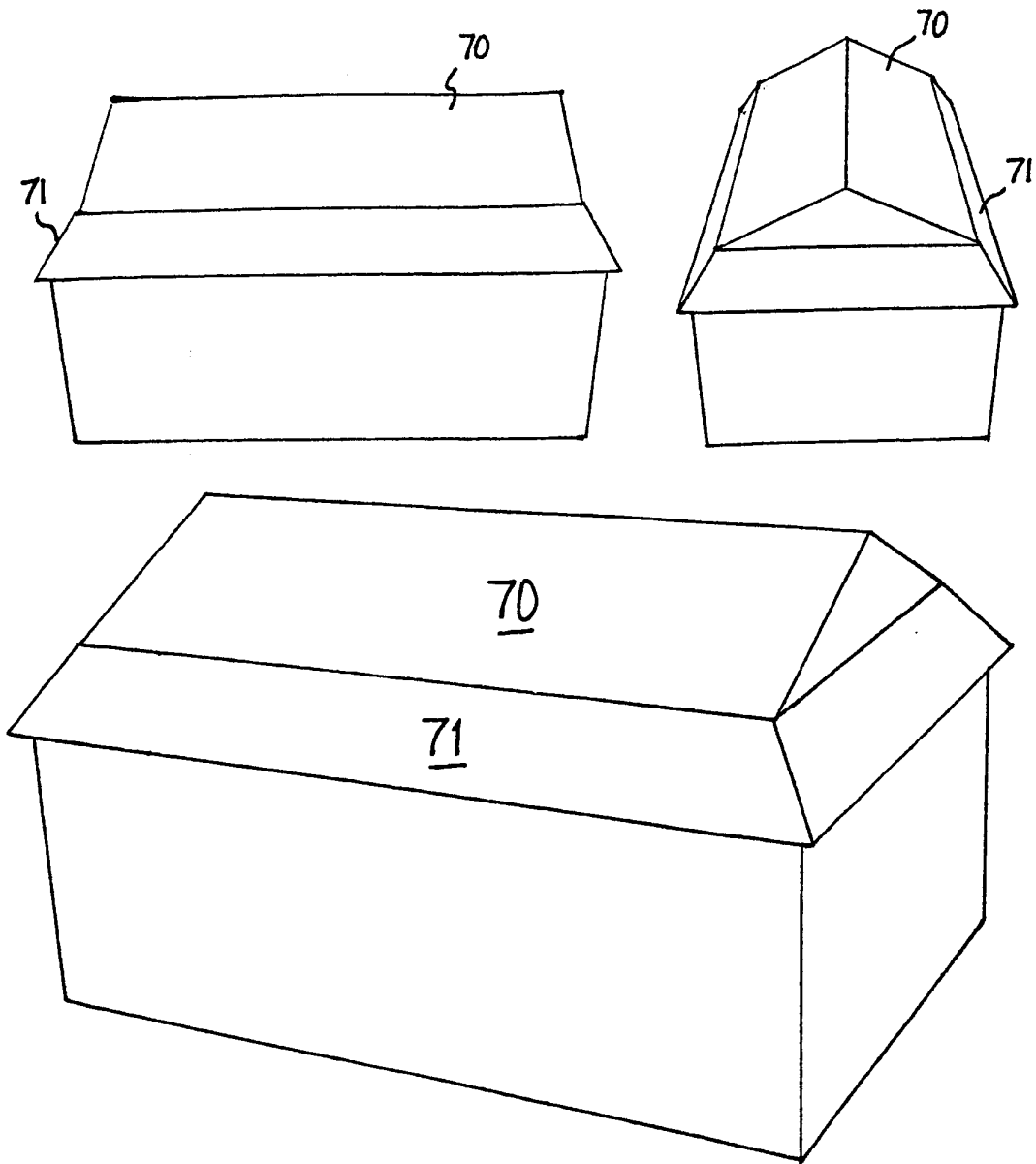


Figure 7

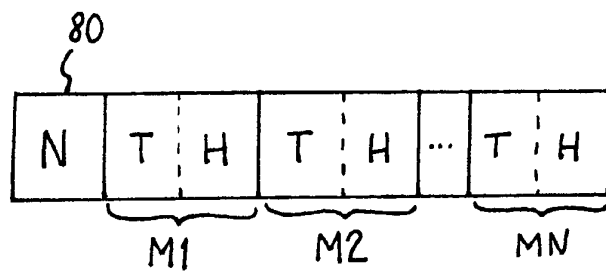
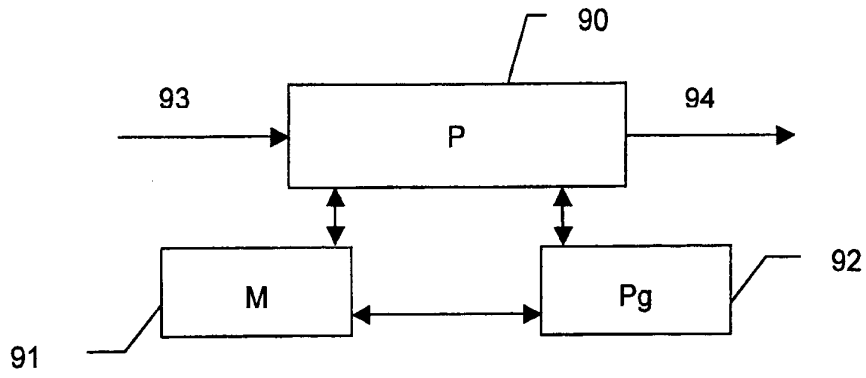
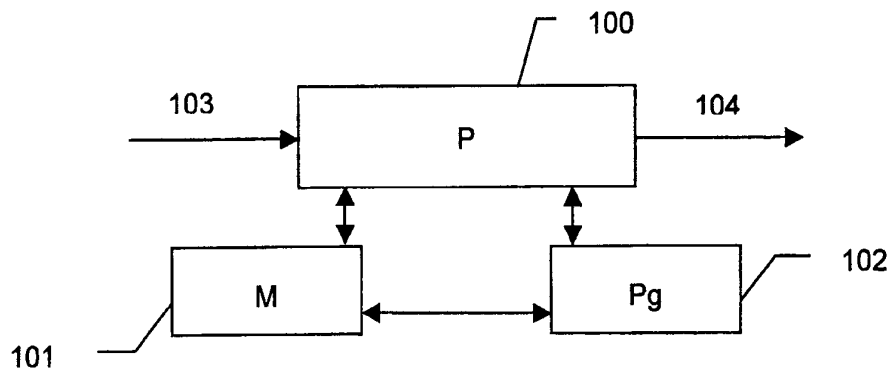


Figure 8

5/5**Figure 9****Figure 10**



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

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

N° d'enregistrement
national

FA 673287
FR 0510384

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
Y	G. ZHOU ET AL: "Web-based Urban 3D GIS: Virtual Environment of 3D Model Visualization" [Online] 28 octobre 2004 (2004-10-28), pages 1-7, XP002391935 Extrait de l'Internet: URL: http://web.archive.org/web/20041028145411/http://www.hku.hk/cupem/asiagis/fall03/Full_Paper/Zhou_Guoqing2.pdf [extrait le 2006-07-19] * abrégé * * figures 2,5 * * page 5, colonne de gauche * * page 5, colonne de droite, alinéa 1 *	1-15	G06T17/00
Y	JAYNES C O ET AL: "Building reconstruction from optical and range images" COMPUTER VISION AND PATTERN RECOGNITION, 1997. PROCEEDINGS., 1997 IEEE COMPUTER SOCIETY CONFERENCE ON SAN JUAN, PUERTO RICO 17-19 JUNE 1997, LOS ALAMITOS, CA, USA, IEEE COMPUT. SOC, US, 17 juin 1997 (1997-06-17), pages 380-386, XP010237552 ISBN: 0-8186-7822-4 * abrégé * * figures 2,3,7 *	1-15	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) G06T
Y	COORS V.: "Graphical Abstraction and Progressive Transmission in Internet-based 3D-Geoinformatonsystems" DISSERTATION TU DARMSTADT, 29 janvier 2003 (2003-01-29), pages 132-148, XP002391936 * page 142, alinéa 2 *	1-15	
----- -/--			
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
25 juillet 2006		Vollmann, K	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

4
EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

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

N° d'enregistrement
national

FA 673287
FR 0510384

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	<p>HAITHCOAT T L ET AL: "Building footprint extraction and 3-d reconstruction from LIDAR data" REMOTE SENSING AND DATA FUSION OVER URBAN AREAS, IEEE/ISPRS JOINT WORKSHOP 2001 NOV. 8-9, 2001, PISCATAWAY, NJ, USA, IEEE, 8 novembre 2001 (2001-11-08), pages 74-78, XP010578718 ISBN: 0-7803-7059-7 * abrégé * * page 76, colonne de gauche * -----</p>	1-15	<p>DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)</p>
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
25 juillet 2006		Vollmann, K	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p>		<p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>	

4
EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)