



numero d ordre 3187

THESE

presentee a

L'UNIVERSITE DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE LILLE

pour obtenir le titre de

DOCTEUR EN INFORMATIQUE

par

Jean-Philippe VANDEBORRE

Modèles 3D indexation, et habillage par textures extraites de photographies

These soutenue publiquement le 22 novembre 2002 devant le jury

<i>President</i>	Michel PETITOT	LIFL Universite Lille 1
<i>Rapporteurs</i>	Eric PAQUET Jun SHEN	CNRC NRC Ottawa (Canada) EGID Universite Bordeaux 3
<i>Examineurs</i>	Atilla BASKURT Kadi BOUATOUCH Valerie BURDIN	LIGIM Universite Lyon 1 IRISA Universite Rennes 1 ENST Bretagne Brest
<i>Directeurs</i>	Christophe CHAILLOU Mohamed DAUDI	LIFL Universite Lille 1 ENIC Telecom Lille 1 / INT Universite Lille 1

UNIVERSITÉ DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE LILLE

Laboratoire d Informatique Fondamentale de Lille
UPRESA 8022 – UFR d IEEA – bat M3
cite scientifique – 59655 Villeneuve d Ascq cedex
tel +33 (0)3 20 43 47 24 – fax +33 (0)3 20 43 65 66

ENIC Telecom Lille 1
rue Guglielmo Marconi
cite scientifique – 59658 Villeneuve d Ascq cedex
tel +33 (0)3 20 33 55 77 – fax +33 (0)3 20 33 55 99

Table des matières

Introduction	5
1 Formats de modeles 3D	9
1 1 Notion de modele	10
1 2 Modele geometrique	11
1 2 1 Maillage de polygones	12
1 2 2 Modele hierarchique	13
1 3 Les formats d echange de donnees tridimensionnelles	15
1 3 1 VRML <i>Virtual Reality Modeling Language</i>	15
1 3 2 X3D <i>eXtensible 3D</i>	16
1 3 3 Description de scene avec VRML ou X3D	17
1 4 Resume	19
2 Indexation de modèles tridimensionnels	23
2 1 L indexation de donnees	24
2 2 L indexation d images fixes	25
2 2 1 Indexation d une base d images	25
2 2 2 Recherche dans une base d images	26
2 2 3 Composantes essentielles d un systeme de recherche d images	27
2 3 L indexation de donnees tridimensionnelles	28
2 3 1 Approches par vues du modele tridimensionnel	29

2 3 2	Approches par analyse du modele tridimensionnel	31
2 3 3	Avantages et inconvenients de ces deux approches	32
2 4	Les descripteurs de formes tridimensionnelles	32
2 4 1	L index de courbures	32
2 4 2	L index de distances	40
2 4 3	L index de volumes elementaires	43
2 5	Invariance de nos descripteurs	48
2 5 1	Invariance par rapport aux transformations isometriques	49
2 5 2	Invariance par rapport aux transformations homothetiques	49
2 5 3	Robustesse par rapport au niveau de facetisation	51
2 6	Comparaison des histogrammes	51
2 7	Experiences et resultats	53
2 7 1	Base de donnees test	54
2 7 2	Performances d un moteur de recherche	56
2 7 3	Performances globales	59
2 7 4	Combinaison des resultats	61
2 7 5	Amelioration des index	64
2 7 6	Des exemples de requetes	67
2 7 7	Temps de calcul	68
2 7 8	Interface d interrogation du moteur de recherche	69
2 8	Resume et bilan	73
3	Amélioration de la modélisation 3D	75
3 1	Extraction d informations dans des images	76
3 2	Description de notre approche	77
3 3	Principes de l acquisition et de la production d images	79
3 3 1	Transformations et coordonnees homogenes	79
3 3 2	Prise de vue et projection perspective	80

3 3 3	Analogies avec la synthese d images	83
3 4	Recalage 3D/2D	88
3 4 1	Choix de la primitive de recalage	90
3 4 2	Approche analytique classique	91
3 4 3	Descente de simplexe avec les parametres OpenGL	93
3 4 4	POS/POSIT [DD95] amehiore	94
3 5	Extraction de textures	96
3 5 1	Extraction de la texture d une face	96
3 5 2	Extraction des textures visibles d un objet	98
3 6	Implantation et experimentations	98
3 6 1	L interface de manipulation	98
3 6 2	Un exemple simple le cube	102
3 6 3	Un exemple plus complexe la table	105
3 7	Resume et bilan	107
Conclusion et perspectives		111
Liste des publications et présentations		115
Bibliographie		123
A Base de données de test		125
B Courbes rappel précision		131
C Table au format X3D		139

Introduction

Un dessin vaut mieux qu'un long discours

Proverbe populaire

Musees catalogues interactifs presentations multimedia simulations interfaces graphiques elaborees jeux videos realite virtuelle ou augmentee cinema etc l'image numerique est aujourd'hui un medium incontournable Elle est presente dans de nombreuses applications ou le besoin de visualisation est capital Alors qu'il y a quelques annees les technologies de l'image numerique etaient le domaine reserve des developpeurs multimedia avec leurs machines tres haut de gamme elles deviennent de plus en plus abordables pour le grand public En effet la puissance de calcul des stations de travail ou meme des ordinateurs personnels et les capacites des cartes graphiques dediees augmentant l'affichage d'informations tridimensionnelles est de plus en plus aisee et rapide Les modeles d'objets tridimensionnels necessaires a la representation d'objets divers et varies de scenes ou de decors complets sont de plus en plus presents D'ailleurs l'avenement de l'Internet et des technologies multimedia ne contredit pas ce phenomene de nombreuses entreprises participent a l'elaboration de normes qui prennent en compte le medium tridimensionnel (MPEG 7 par exemple) d'autres proposent des outils de developpement multimedia qui integrent la troisieme dimension comme la gamme de logiciels *Director* de Macromedia

Les applications de creation de contenu tridimensionnel sont de plus en plus nombreuses et perfectionnees Tous ces logiciels gerent des modeles tridimensionnels qui peuvent etre nombreux Par contre il existe peu d'outils efficaces de recherche d'informations dans ces bases de donnees si bien qu'il est souvent plus facile de recreer un modele au lieu d'en rechercher un deja existant Les createurs de scenes tridimensionnelles sont donc regulierement confrontes a ce probleme comment retrouver facilement des informations dans ce genre de base de donnees? Une premiere solution consiste a avoir une description textuelle de chaque element de la base Cela n'est pas concevable pour deux raisons principales Premierement un tel travail de description precis et exhaustif serait tres long et donc sujet a erreurs Deuxiemement une description

textuelle serait trop subjective et dépendrait du point de vue et de la culture de l'opérateur qui effectuerait la tâche de description. Une meilleure solution consiste plutôt à appuyer la requête sur des informations visuelles plus objectives comme la couleur, la forme, la texture, etc. C'est la forme — locale ou globale — des modèles qui nous intéresse dans ce travail.

Une fois le modèle tridimensionnel trouvé, le travail de création n'est pas terminé. Même si la synthèse d'images nécessite un modèle par objet de la scène, cela ne suffit pas pour en obtenir un rendu réaliste. Pour augmenter le réalisme des images de synthèse, des techniques ont été développées : modèles d'illumination de la scène plus ou moins complexes, calcul d'ombres portées, ajout de transparence et de réflexion sur certains objets, etc. Une approche classique consiste à habiller les modèles tridimensionnels avec des textures. Les surfaces des objets naturels présentent en effet des aspects très divers, qui ne sont pas forcément lisses et de couleur uniforme : il peut s'agir d'un dessin répété ou d'un motif complexe, d'une couleur particulière non continue sur l'ensemble de la surface, etc. Les objets peuvent également présenter des détails trop minutieux et petits pour en donner une définition géométrique précise sans faire augmenter la complexité du modèle de manière conséquente. Les textures permettent de rendre compte de tous ces différents aspects de surfaces. Les algorithmes de placage et de transformation de textures sont de plus en plus souvent intégrés dans les cartes graphiques spécialisées 3D, ce qui fait des textures un outil incontournable, simple à mettre en œuvre et très rapide pour obtenir un rendu. Très souvent, les textures proviennent de photographies de matériaux synthétiques (plastique, acier) ou naturels (bois, marbre), parfois retravaillées manuellement afin de bien correspondre au modèle tridimensionnel à texturer. Elles peuvent également être calculées par algorithme grâce à des fonctions mathématiques appropriées. Une autre solution pour obtenir des textures aussi réalistes que possible est de les extraire de la réalité, autrement dit d'utiliser des photographies d'objets réels pour en extraire les textures. Nous développons dans ce document une approche de l'extraction de textures à partir de photos quelconques, en faisant l'hypothèse que nous possédons le modèle tridimensionnel de l'objet représenté sur ces photos. Le modèle pourrait être obtenu par l'étape de recherche dans une base de modèles tridimensionnels.

Pour illustrer notre propos tout au long de ce document, imaginons les problèmes rencontrés par un créateur d'images de synthèse, ainsi que les solutions qui pourraient lui apporter aide et efficacité dans son travail.

Un graphiste est chargé de modéliser une scène d'intérieur pour les besoins d'une publicité : chaises, tables, meubles en tous genres, etc. Pour fabriquer cette scène, deux solutions s'offrent à lui : la création pure et simple des modèles la composant, ou la recherche de modèles existants dans une base de données. Il peut également utiliser certains modèles existants et en

créer d'autres s'il ne trouve pas les modèles qu'il souhaite ou s'aider des modèles trouvés pour en créer de nouveaux. La fabrication complète d'un modèle tridimensionnel est un acte de création coûteux en temps et en argent. L'utilisation de modèles existants — provenant soit de bases de données publiques soit de sa base de données personnelle — semble *a priori* plus simple. Cependant, chercher des données dans une base peut être très dispendieux en temps ! La recherche de modèles est donc un problème primordial pour ce graphiste : les requêtes doivent pouvoir s'exprimer le plus clairement et le plus objectivement possible. Nous avons déjà fait remarquer que la description textuelle des modèles n'est pas satisfaisante. Il faut en effet exprimer les éléments visuels de la requête. Pour cela, la recherche par l'exemple est une bonne solution. Dans ce cas, le graphiste présente un modèle au moteur de recherche qui lui répond par une sélection de modèles proches de sa requête. Par conséquent, le problème est de caractériser chaque modèle par un index de telle sorte qu'il soit facile de trouver une distance entre ceux-ci pour classer les réponses selon leur ressemblance par rapport au modèle requête.

Quand il a trouvé les modèles qui lui conviennent, le concepteur n'est toujours pas au bout de ses peines. En effet, pour rendre la scène réaliste, il faut habiller les modèles. Comme nous l'avons déjà souligné, l'habillement de modèles pour la synthèse d'images se fait à l'aide de textures. Si on considère les textures comme des images à plaquer pour gagner en réalisme, il existe plusieurs solutions : dessiner les motifs ou utiliser des motifs existants. De la même façon que pour les modèles, l'utilisation de motifs existants paraît bien plus simple. Les méthodes d'indexation d'images peuvent alors apporter une aide précieuse à la recherche de textures. Mais qu'en est-il de la concordance entre les textures et le modèle ? La seule façon de s'assurer qu'une texture est bien adaptée à un modèle, hormis des retouches manuelles souvent très lourdes, c'est de l'extraire à partir de photographies représentant l'objet réel. Certaines méthodes prennent le parti de reconstruire le modèle tridimensionnel dans l'hypothèse où les photos ont été prises dans des conditions particulières. Dans notre cas, puisque le concepteur est en possession du modèle tridimensionnel, nous pouvons utiliser des photos dont nous ne connaissons pas le point de vue. C'est à partir de la connaissance du modèle que nous pouvons retrouver les informations de prise de vue nécessaires à l'extraction des textures.

En s'appuyant sur ces réflexions, dans ce document nous nous intéressons à deux problèmes : la caractérisation des modèles tridimensionnels pour les indexer et les retrouver rapidement dans une base de données et le calcul des conditions de prise de vue d'une photo connaissant l'objet représenté pour en extraire les textures. Pour suivre le cheminement décrit dans les paragraphes précédents, ce document se décompose en trois parties :

- le premier chapitre donne un aperçu des principaux formats d'échanges de modèles tridi-

mensionnels

- le deuxieme chapitre detaille la problematique de l indexation et plus particulierement de l indexation des modeles tridimensionnels
- enfin avant de conclure le dernier chapitre presente le processus d embellissement d un modele tridimensionnel a partir de photos quelconques

Conclusion et perspectives

La synthèse d'images est un domaine scientifique et technique qui prend de plus en plus d'ampleur chaque jour. Pour réaliser des images de synthèse, il faut un modèle tridimensionnel pour chaque objet ainsi qu'un ensemble de textures pour l'habillage réaliste des modèles.

La recherche de données à travers une base de grande taille est souvent problématique. Notamment lorsqu'il s'agit de données non textuelles comme les modèles tridimensionnels. Dans le chapitre 2, nous avons proposé une solution afin de résoudre ce problème. Notre solution s'appuie sur trois descripteurs de formes tridimensionnelles : répartition des courbures de la surface du modèle, des distances entre les points de cette surface et des volumes élémentaires composant le modèle. Nous combinons ensuite ces trois descripteurs de forme pour obtenir les meilleurs résultats possibles. Nous proposons également un algorithme de refacétisation des modèles afin d'obtenir, si cela est nécessaire, une facétisation plus homogène et ainsi rendre le calcul des descripteurs de forme plus pertinent.

L'habillage des modèles tridimensionnels, qui se fait habituellement à partir de motifs précalculés ou de photographies prises dans des conditions particulières, peut être grandement amélioré en exploitant des photographies d'objets réels. Dans le chapitre 3, nous avons proposé une méthode qui utilise des photographies d'un objet dont nous connaissons le modèle tridimensionnel mais dont nous ignorons les paramètres de prise de vue. À l'aide d'un algorithme de recalage 3D/2D, nous retrouvons ces paramètres et extrayons les textures en corrigeant les déformations dues à la perspective.

Les modèles tridimensionnels que l'on trouve actuellement dans les bases de données ou sur l'Internet sont très souvent définis par un ensemble de maillages de polygones, voire par un maillage unique. Ceci s'explique, d'une part, par le fait que le maillage polygonal est le format le plus rapidement interprété par l'ordinateur — et les cartes graphiques spécialisées 3D — pour l'affichage et, d'autre part, qu'il est le maillon commun à tous les formats de données tridimensionnelles, propriétaires ou non, puisque tous ces formats peuvent facilement être transformés en

un tel maillage

Cependant il nous faut convenir que les modèles tridimensionnels sont très souvent définis dans un format plus riche en information sémantique que le simple maillage polygonal. En effet les logiciels de création tridimensionnelle proposent au créateur des outils et des méthodes de création sophistiquées qui permettent une hiérarchisation du modèle par conception descendante. Quand un graphiste crée un modèle tridimensionnel il le définit donc en général par partie comme nous l'avons expliqué au paragraphe 1.2.2 page 13. S'il crée par exemple un humanoïde il le définira comme un ensemble dont la partie principale est le tronc auquel sont attachés la tête, les bras et les jambes. Un bras sera lui-même décomposé en une main, un avant bras et un bras (du coude à l'épaule). Une main peut elle-même être décomposée. Même chose pour une jambe, un pied, etc. Les parties et sous parties sont reliées entre elles par des points d'attache — comme le poignet ou la cheville — qui peuvent posséder des propriétés mécaniques (degrés de liberté) ou autres. Cet ensemble de parties constitue alors une hiérarchie généralement représentée sous forme arborescente. L'arbre donne donc une certaine sémantique au modèle. Les modèles pourraient alors être indexés en utilisant l'arbre les représentant et les recherches s'effectuer sur une partie de l'arbre ou sur l'arbre entier. Par exemple il devient plus facile de trouver un modèle humanoïde dans une base de données en décrivant la requête comme étant un modèle possédant une partie centrale à laquelle sont attachés une tête, deux bras et deux jambes ou de rechercher des modèles possédant des bras en donnant la description d'un bras. La description d'un modèle tridimensionnel sous la forme d'une hiérarchie arborescente est également d'un grand intérêt pour les applications où le simple affichage d'un objet virtuel n'est pas l'objectif principal mais où il est indispensable de pouvoir l'animer par partie en respectant certaines contraintes inhérentes au modèle.

Toutefois ce type de modèle n'est pas largement disponible et la grande majorité des modèles tridimensionnels qu'on peut trouver sur l'Internet ou dans des bases de données multimedia ne possèdent pas ces informations et sont décrits uniquement sous forme de maillages. Retrouver cette hiérarchie à partir d'un maillage [TDM01] ou de vues d'un modèle [Cut00] est une tâche ardue et à peine explorée. C'est à cette problématique que nous nous attaquons pour la suite de ce travail.

Un modèle hiérarchique apporte une grande souplesse dans son utilisation : indexation, habillage, affichage, interaction, etc. En plus de cela, une description générique d'un modèle tridimensionnel peut être une façon de créer un très grand nombre de modèles en instanciant la description générique. Les photographies nous donnent également de nombreux renseignements sur les modèles tridimensionnels qu'elles représentent. Elles pourraient nous servir à adapter le

modele generique pour qu'il corresponde au mieux a la realite representee sur la photographie de maniere a extraire les textures les mieux adaptees de la meme façon que pour la table que nous utilisons pour exposer nos resultats au chapitre 3. Un tel objet n'en serait alors que plus realiste et son utilisation pourrait etre adaptee a l'application a laquelle il est destine. C'est egalement vers des modeles generiques que nous orientons la suite de nos etudes dans le domaine de la modelisation tridimensionnelle a l'aide de photographies.

Enfin, dans la continuite des developpements de logiciels, nous travaillons sur le developpement d'un systeme complet combinant tout d'abord le moteur de recherche de modeles tridimensionnels, puis un moteur de recherche de photographies, puis l'application d'extraction de textures. De cette maniere, il sera possible pour le createur d'images de synthese de retrouver et d'utiliser facilement des modeles standards d'objets divers dans des mondes virtuels complets.

Bibliographie

- [ABP00] Jurgen Assfalg Alberto Del Bimbo and Pietro Pala Image retrieval by positive and negative examples In *IEEE Pattern Recognition* volume 4 pages 267–270 2000
- [AP00] Jurgen Assfalg and Pietro Pala Query by photographs A VR metaphor for image retrieval *IEEE Multimedia* 7(1) 52–59 january march 2000
- [AQT02] Marc Andre Ameller Long Quan and Bill Triggs Le calcul de pose de nouvelles methodes matricielles In *13eme congres francophone de Reconnaissance de Formes et d Intelligence Artificielle (RFIA 2002)* volume 1 pages 39–47 8 10 janvier 2002
- [ATL97] *Atlas pratique de la photo* Editions Atlas 1997
- [AZP96] Philippe Aigrain HongJiang Zhang and Dragutin Petkovic Content based representation and retrieval of visual media A state of the art review In *Multimedia Tools and Applications* 1996
- [Bim00] A Del Bimbo Issues and directions in visual information retrieval In *IEEE Pattern Recognition* volume 4 pages 31–38 2000
- [BM00] Roberto Brunelli and Ornella Mich Image retrieval by examples *IEEE Transaction on Multimedia* 2(3) 164–171 september 2000
- [Boa99] OpenGL Architecture Review Board *OpenGL Programming Guide 3rd Edition* Addison Wesley 1999
- [BSHPL97] Mikael Bourges Sevensier Patrick Horain Françoise Preteux and Pascal Leray Recalage d un modele 3D generique sur une sequence d images 2D In *3emes Journees d Etudes et d Echanges Compression et Representation des Signaux Audiovisuels (CORESA)* 26 27 mars 1997
- [Cha93] Houda Chabbi *Construction de Facettes 3D par stereovision integrant des principes de geometrie projective* PhD thesis Institut National Polytechnique de Lorraine fevrier 1993

- [Che95] Shenchang Eric Chen. Quicktime VR: an image based approach to virtual environment navigation. In *Computer Graphics Proceedings Siggraph* pages 29–38. 1995.
- [Cou98] Jean Pierre Couwenbergh. *La Synthèse d Images*. Marabout, 1998.
- [CRB99] Roberto Cipolla, Duncan Robertson, and Edmond Boyer. Photobuilder: 3D models of architectural scenes from uncalibrated images. In *IEEE International Conference on Multimedia Computing and Systems* volume 1, pages 25–31. 1999.
- [CS00] Mauro S. Costa and Linda G. Shapiro. 3D object recognition and pose with relational indexing. *Computer Vision and Image Understanding* 79: 364–407. 2000.
- [Cut00] Florin Cutzu. Computing 3D objects parts from similarities among object views. In *IEEE Computer Vision and Pattern Recognition* volume 2, pages 95–100. 2000.
- [dC76] Manfredo P. do Carmo. *Differential Geometry of Curves and Surfaces*. Prentice Hall Inc. 1976.
- [DD95] Daniel F. Dementhon and Larry S. Davis. Model based object pose in 25 lines of code. *International Journal of Computer Vision* 15: 123–141. 1995.
- [DM00] Mohamed Daoudi and Stanislaw Matusiak. Visual image retrieval by multiscale description of user sketches. *Journal of Visual Languages and Computing* 11: 287–301. 2000.
- [DRLR89] Michel Dhome, Marc Richetin, Jean Thierry Lapreste, and Gerard Rives. Determination of the attitude of 3D objects from a single perspective view. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 11(12): 1265–1278. december 1989.
- [DTM96] Paul E. Debevec, Camillo J. Taylor, and Jitendra Malik. Modeling and rendering architecture from photographs: A hybrid geometry and image based approach. In *Computer Graphics Proceedings Siggraph* pages 11–20. 1996.
- [Fau93] Olivier Faugeras. *Three Dimensional Computer Vision: A Geometric Viewpoint*. The MIT Press, 1993.
- [FM99] Alexandre R.J. François and Gerard G. Medioni. A human assisted system to build 3D models from a single image. In *IEEE International Conference on Multimedia Computing and Systems* volume 1, pages 282–288. 1999.
- [FOTT02] K. Fujimura, Y. Oue, T. Terauchi, and T. Emi. Hand held camera 3D modeling system using multiple reference panels. In *Proceedings of SPIE: Three Dimensional Image Capture and Applications V* volume 4661. SPIE: The International Society for Optical Engineering, january 2002.

- [FvDFH91] James D Foley Andries van Dam Steven K Feiner and John F Hughes *Computer Graphics principles and practice second edition* Addison Wesley 1991
- [GM00] Franck Galpin and Luce Morin Video coding using streamed 3D representation In *IEEE International Conference on Image Processing* volume 3 pages 636–369 2000
- [GV91] Andre Gagalowicz and Jean Marc Vezien Collaboration between computer graphics and computer vision In *Proceedings of the 6th IAPR Conference (The International Association for Pattern Recognition)* september 1991 Villa Olmo (Italy)
- [HM95] Radu Horaud and Olivier Monga *Vision par ordinateurs Outils fondamentaux* Hermes 1995
- [Hor87] Radu Horaud New methods for matching 3D objects with single perspective views *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 9(3) 401–412 May 1987
- [HS95] Radu Horaud and Umberto Sossa Polyhedral object recognition by indexing In *Pattern Recognition* volume 28 pages 1855–1870 1995
- [HW97] Jed Hartman and Josie Wernecke *The VRML 2.0 Handbook Building Moving Worlds on the Web* Addison Wesley Developers Press 1997
- [JV96] Anil K Jain and Aditya Valaya Image retrieval using color and shape *Pattern Recognition* 29(8) 1996
- [Koc93] Reinhard Koch Dynamic 3D scene analysis through synthesis feedback control *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 15(6) 556–568 june 1993
- [KvD92] Jan J Koenderink and Andrea J van Doorn Surface shape and curvature scales *Image and Vision Computing* 10(8) 557–565 October 1992
- [Lav95] Stephane Lavallee Recovering the position and orientation of free form objects from images contours using 3D distance maps *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 17(4) 378–390 april 1995
- [LD89] Chong Huah Lo and Hon Son Don 3 D moment forms their construction and application to object identification and positioning *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 11(10) october 1989
- [Low91] David G Lowe Fitting parameterized three dimensional models to images *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 13(5) 441–450 May 1991

- [LP96] Fang Liu and Rosalind W Picard Periodicity directionality and randomness World features for image modeling and retrieval *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 18(7) 722–733 July 1996
- [Mar95] Makoto Maruya Generating a texture map from object surface texture data In *EUROGRAPHICS 95* volume 14 pages 397–405 1995
- [MD02] Saïd Mahmoudi and Mohamed Daoudi Une methode d indexation de modeles 3D In *13eme congres francophone de Reconnaissance de Forme et d Intelligence Artificielle (RFIA)* pages 19–28 janvier 2002
- [MGPP96] T Moons L Van Gool M Proesmans and E Pauwels Affine reconstruction from perspective image pairs with a relative object camera translation in between *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 18(1) 77–83 January 1996
- [MM92] Farzin Mohktarian and Alan K Mackworth A theory of multiscale curvature based shape representation for planar curves In *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* volume 14 pages 789–805 August 1992
- [MN97] Christophe Meilhac and Chahab Nastar Poursuite de modeles 3D dans une sequence video application a la realite augmentee In *3emes Journees d Etudes et d Echanges Compression et Representation des Signaux Audiovisuels (CORESA)* 26 27 mars 1997 1997
- [MPE01] Moving Picture Experts Group MPEG Overview of the MPEG 7 standard (version 6.0) Technical report December 2001 <http://mpeg.telecomitalia.com/standards/mpeg7/mpeg7.htm>
- [Nas97] Chahab Nastar Indexation d images par le contenu un etat de l art In *3emes Journees d Etudes et d Echanges Compression et Representation des Signaux Audiovisuels (CORESA)* 26 27 mars 1997
- [NM65] J A Nelder and R Mead A simplex method for function minimization *The Computer Journal* 7(4) 308–313 1965
- [OFCD01] Robert Osada Thomas Funkhouser Bernard Chazells and David Dobkin Matching 3D models with shape distributions In *Shape Modeling International* May 2001
- [OSRW97] Eyal Ofek Erez Shilat Ari Rappoport and Michael Werman Multiresolution textures from images sequences *IEEE Computer Graphics* pages 18–29 March April 1997
- [PAVF95] William H Press Saul A Teukolsky William T Vetterling and Brian P Flannery *Numerical Recipes in C* Cambridge University Press 1995

- [PEB00] Yannick Perret Thierry Excoffier and Saida Bouakaz Suivi de paramètres de modèle à partir de séquences multi vues In *13èmes journées de l'Association Française d'Informatique Graphique à Grenoble* pages 61–70 décembre 2000
- [PG97] Marc Proesmans and Luc Van Gool Reading between the lines a method for extracting dynamic 3D with texture In *ACM VRST 97* pages 95–102 1997
- [PHP] PHP Hypertext preprocessor <http://www.php.net>
- [PR97] Eric Paquet and Marc Rioux Nefertiti a query by content software for three dimensional models databases management In *International Conference on Recent Advances in 3 D Digital Imaging and Modeling* pages 345–352 1997
- [PR98] Eric Paquet and Marc Rioux A content based search engine for VRML databases In *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* pages 541–546 1998
- [PR99] Eric Paquet and Marc Rioux The MPEG 7 standard and the content based management of three dimensional data a case study In *IEEE International Conference on Multimedia Computing and Systems* pages 375–380 june 1999
- [QBI] QBIC IBM's Query By Image Content <http://www.qbic.almaden.ibm.com>
- [RCF95] C Rothwell G Csurka and O Faugeras A comparison of projective reconstruction methods for pairs of views In *Fifth International Conference on Computer Vision* pages 932–937 1995
- [SB91] M Swain and D Ballard Color indexing *International Journal of Computer Vision* 7(1) 11–32 1991
- [SB00] Mark R Stevens and J Ross Beveridge Searching for objects in a scene In *15th International Conference on Pattern Recognition* volume 1 pages 730–733 2000
- [SH80] F A Sadjadi and E L Hall Three dimensional moment invariants *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 2(2) 127–136 1980
- [SJ98] Simone Santini and Ramesh Jain Beyond query by example In *2nd Workshop on Multimedia Signal Processing* pages 3–8 1998
- [SW92] Ernest M Stokely and Shang You Wu Surface parametrization and curvature measurement of arbitrary 3D objects five practical methods *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 14(8) 833–840 1992
- [SWS⁺00] Arnold W M Smeulders Marcel Worring Simone Santini Amarnath Gupta and Ramesh Jain Content based image retrieval at the end of the early years In *IEEE*

- Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* volume 22 pages 1349–1380 december 2000
- [SZ87] Peter T Sander and Steven W Zucker Tracing surfaces for surfacing traces In *First International Conference on Computer Vision* pages 231–240 8 11 june 1987
- [SZ90] Peter T Sander and Steven W Zucker Inferring surface trace and differential structure from 3 D images *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 12(9) 833–854 september 1990
- [TAS02] Hiroya Tanaka Masatoshi Arikawa and Ryosuke Shibasaki Extensive pseudo 3D spaces with superposed photographs In *Proceedings of SPIE Internet Imaging III* volume 4672 pages 64–75 SPIE The International Society for Optical Engineering january 2002
- [TDM01] R Oulad Haj Thami M Daoudi and Y El Mansouri Recherche d image par la semantique In *7eme journees d Etudes et d Echanges Compression et Representation des Signaux Audiovisuels (CORESA)* Dijon France 12 13 novembre 2001
- [TW93] Dimitri Terzopoulos and Keith Waters Analysis and synthesis of facial image sequences using physical and anatomical models In *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* volume 15 pages 569–579 1993
- [VDC98] Jean Philippe Vandeborre Mohamed Daoudi and Christophe Chaillou 3D models recognition from a 2D sketch In *CESA 98 IMACS MultiConference* Nabeul Hammamet Tunisia april 1 4 1998
- [VIR] Virage [http //www.virage.com](http://www.virage.com)
- [W3D] Web 3D Consortium [http //www.web3d.org](http://www.web3d.org)
- [WBS01] Aaron E Walsh and Michael Bourges Sevenier *Conception Web 3D* CampusPress 2001
- [WMC99] Ian H Witten Alistair Moffat and Timothy C Bell *Managing gigabytes* Morgan Kaufmann Publishers 1999
- [WPS00] Yongmei Wang Bradley S Peterson and Lawrence H Stab Shape based 3D surface correspondance using geodesics and local geometry In *IEEE Computer Vision and Pattern Recognition* volume 2 pages 644–651 2000
- [WR01] Isaac Weiss and Manjit Ray Model based recognition of 3D objects from single images In *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* volume 23 pages 116–128 february 2001
- [X3D] X3d New Generation Open Web3D Standard [http //www.web3d.org/x3d](http://www.web3d.org/x3d)

- [XML] Extensible Markup Language [http //www w3 org/xml](http://www.w3.org/xml)
- [YMKI00] P Yuen F Mokhtarian N Khalili and J Illingworth Curvature and torsion feature extraction from free form 3 D meshes at multiple scales *Vision Image and Signal Processing* 147(5) 454–462 october 2000
- [ZC01] Cha Zhang and Tsuhan Chen Efficient feature extraction for 2D/3D objects in mesh representation In *International Conference on Image Processing ICIP 01* 2001
- [ZP00] Titus Zaharia and Françoise Preteux New content for the 3D shape core experiment the 3D Cafe data set In *MPEG 7 ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 MPEG00/M5915 Noordwijkerhout NL* March 2000
- [ZP02] Titus Zaharia and Françoise Preteux Indexation de maillages 3D par descripteur de forme In *13eme congres francophone de Reconnaissance de Forme et d Intelligence Artificielle (RFIA)* pages 48–57 janvier 2002

Resume

L'image numérique prend une place de plus en plus importante dans de nombreux médias : publicité, cinéma, jeu vidéo, réalité virtuelle, etc. Pour ces images de synthèse, une scène est composée de divers objets représentés par des modèles tridimensionnels. Le créateur de mondes virtuels est alors confronté à deux problèmes : comment retrouver le ou les modèles 3D dans une base de données en présentant une requête sous la forme d'un exemple, et comment habiller les modèles de façon à ce que leurs rendus soient le plus réaliste possible ?

Dans cette thèse, nous répondons à ces deux questions en proposant, d'une part, une méthode d'indexation de modèles 3D par des descripteurs de forme, et, d'autre part, une approche de l'habillage d'un modèle connu par des textures extraites de photographies, le représentant mais dont les conditions de prise de vue sont inconnues.

La méthode d'indexation que nous proposons en première partie de cette thèse s'attache à décrire les modèles 3D maillés par trois descripteurs de forme. Ces trois descripteurs sont : la distribution des courbures calculées en tout point du modèle, la distribution stochastique des distances euclidiennes entre les points du modèle, et la distribution des volumes élémentaires (tétraédriques) composant le modèle. Nous exposons les avantages et inconvénients de chaque descripteur, puis nous proposons deux méthodes de combinaison des résultats dans le but de ne conserver que les meilleurs résultats de chacun d'eux. Nous proposons également un algorithme de refacétisation des modèles 3D en vue d'homogénéiser leurs niveaux de facétisation et rendre ainsi les calculs des descripteurs plus pertinents.

Le placage de textures implantées dans les cartes graphiques accélérées 3D est certainement le meilleur moyen d'obtenir des images de synthèse réalistes. Les textures, pour être réalistes, doivent provenir de sources elles-mêmes réalistes, comme des photographies d'objets réels. Nous exposons, en seconde partie de cette thèse, notre approche de l'extraction de textures à partir de photographies. Les modèles 3D étant largement disponibles, nous partons du principe qu'il est possible d'obtenir un modèle de l'objet représenté sur une photographie, mais qu'il est souvent impossible de connaître les conditions de prise de vue de cette dernière. Nous proposons donc une méthode d'extraction des textures visibles en recalant le modèle sur la photographie et en retrouvant ses conditions de prise de vue.

Mots clefs : modèles 3D, indexation, descripteurs de formes 3D, recalage 3D/2D, extraction de textures

Abstract

The virtual reality designer has two main difficulties : to find the three dimensional models he needs among many others in a data base, and to obtain the most realistic rendering of these models. This thesis offers a solution to these problems using an indexing method for 3D models based on shape descriptors, and an approach of 3D model texturing with textures extracted from photographs whose view parameters are unknown.

The method of indexing we propose aims at describing the polygonal mesh models with three shape descriptors : a distribution of the principal curvatures computed at every point of the model, a stochastic distribution of the Euclidean distances between the model points, and a distribution of elementary volumes which make up the model. We discuss the advantages and drawbacks of each descriptor, then we propose two methods of combining the results of each descriptor in order to preserve only the most accurate results of each of these descriptors. We also propose an algorithm of tessellation of the models that renders the calculation of the descriptors more relevant.

Realism in computer graphics is most commonly obtained by using textures. To be realistic, textures must come from realistic sources themselves, like photographs of real scenes representing real objects. Hence this thesis presents our approach of texture extraction from photographs. 3D models being largely available, we consider that obtaining a 3D model of the object represented on a photograph is relatively easy, however it is very difficult, or almost impossible, to know the view parameters of the photograph. We thus propose a method to extract the visible textures by registering the 3D model on the photograph, and by finding its view parameters.

Key words : 3D models, indexing, 3D shape descriptors, 3D/2D registration, textures extractions