

Classification des Objets 3D Basée sur la Logique Floue *

Abdelalim Sadiq¹ Rachid Oulad Haj Thami¹ Mohamed Daoudi² Jean-Philippe Vandeborre²

¹ Labo IHM, UFR Réseaux et Télécom
ENSIAS, UM5 Souissi, B.P. 713, Rabat Agdal, Maroc

{sadiq, oulad}@ensias.ma

² MIIRE (Multimédia, Images, Indexation, Reconnaissance) INT / LIFL

ENIC Télécom Lille 1

Cité Scientifique, rue G. Marconi, 59658 Villeneuve d'Ascq cedex - France

{daoudi, vandeborre}@enic.fr

Résumé

Dans ce travail nous proposons une méthode basée sur la logique floue pour la classification des objets 3D. Les objets d'une classe ont des spectres de courbure similaires. Une classe d'objets est assimilée à un espace vectoriel caractérisé par trois spectres de courbure, le spectre de courbure maximale, le spectre de courbure minimale et le spectre de courbure moyenne. Pour classer un objet, nous calculons le degré d'appartenance de cet objet requête aux classes de la base d'objets 3D. La classe de l'objet requête est alors celle qui maximise un degré d'appartenance basé sur la similitude du spectre de courbure de l'objet et celui de la classe.

Mots clefs

Indexation, Objet 3D, Logique Floue, Classification, Spectre de courbure

1 Introduction

Depuis quelques années, nous assistons à une prolifération des objets graphiques tridimensionnels. Les nouveaux scanners 3D, les outils interactives de création des objets tridimensionnels, les cartes graphiques moins cher et très rapide, le Web3D et d'autres outils, ont facilité l'intégration des objets tridimensionnels dans les systèmes d'information. Cependant, la recherche et la localisation de ces objets, dans les bases de données ou dans le Web, nécessitent de nouvelles techniques d'indexation et de classification.

Pour indexer de tels modèles tridimensionnels, deux approches principales sont proposées dans la littérature : les méthodes utilisant les vues caractéristiques d'un modèle 3D et les méthodes qui caractérisent la forme des facettes des objets tridimensionnels.

Pour la première approche, la principale difficulté à

résoudre est le calcul des vues caractéristiques et leur nombre. En se basant sur ce principe, Vandeborre et al [1] ont développé une méthode qui représente l'objet tridimensionnel sous forme de graphe simple de vues polyédriques. D'autres utilisent un index très connu pour l'indexation d'images : le CSS (Curvature Scale Space). Cette méthode est développée en détail dans [2]. La deuxième approche utilise les facettes de l'objet 3D, appelé également maillage [1]. Cette dernière est plus utilisée, car elle permet l'analyse de la forme du modèle tridimensionnel indépendamment de sa position dans l'espace ou du point de vue d'un observateur. Plusieurs descripteurs de formes sont associés à chaque modèle tridimensionnel en utilisant des invariants locaux décrivant l'aspect local du modèle 3D tels les courbures [2,3] et les volumes élémentaires [4] d'une facette de l'objet, ou des invariants globaux calculés sur tout l'objet comme le calcul de différents moments statistiques [5] ou la distribution de distance [6], etc.

Pour une large base d'objets 3D, la recherche des modèles les plus proches de l'objet requête devient de plus en plus difficile, ce qui exige une structuration des index pour réduire l'espace de recherche. Pour pallier à ce problème, la recherche d'objets 3D similaires est ramenée à un problème de classification ou catégorisation. Autrement, calculer la classe d'objets 3D la plus proche de l'objet requête selon des critères spécifiques. Le résultat de recherche sera donc un groupe ou une classe de modèles tridimensionnels ayant des caractéristiques similaires à celles de l'objet requête.

Dans ce papier, nous proposons une nouvelle méthode de classification des objets tridimensionnels en se basant sur la logique floue. Ce papier est organisé comme suivant : dans la section 2, nous présentons les deux descripteurs utilisés pour indexer notre base de modèles tridimensionnels. La section 3 présente une vue générale sur le principe de la logique floue. Et, dans la section 4, nous présentons l'algorithme basé sur la logique floue pour affecter un ob-

* ce travail a été réalisé dans le cadre de l'action intégrée franco-marocain numéro MA/02/46.

jet requête à une classe d'objets. Dans la section 5, nous présentons et commentons les résultats expérimentaux. Dans la conclusion nous donnons les perspectives de notre travail.

2 Index de forme

Les modèles tridimensionnels les plus courants se trouvent sous format d'un maillage (VRML). Le maillage est défini par la triangulation de l'objet 3D et donné sous forme d'une liste de points suivie d'une liste de facettes ou triangles. Nous présentons, dans la suite de cette section, les deux descripteurs utilisés pour indexer notre base de modèles tridimensionnels.

2.1 Index de courbure

L'index le plus utilisé pour décrire la forme des objets tridimensionnels est un index local. Il est défini comme la valeur de la coordonnée angulaire de la représentation polaire des courbures principales (la courbure normale maximale et la courbure normale minimale) [3]. Soit k_1 et k_2 les courbures principales d'un point p sur une surface 3D C^2 -différentiable (i.e. une surface C^2 -différenciable est une surface suffisamment lisse). L'index de forme est défini par :

$$I_p = \frac{1}{2} - \frac{1}{\pi} \arctan \frac{K_1 + K_2}{K_1 - K_2} \quad (1)$$

Ses valeurs varient entre -1 et 1 et n'est pas défini pour les surfaces planes. Cet index permet de caractériser les différentes formes que la surface 3D peut avoir (forme sphérique, cylindrique, en selle, concave, convexe...).

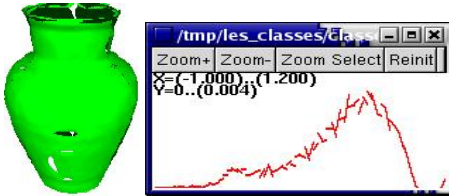


Figure 1 – Exemple d'un objet 3D et son spectre de courbure.

2.2 Index de distance

L'index de distance est un index global calculé sur le modèle tridimensionnel en entier. La méthode de calcul de cet index consiste à évaluer une fonction de distance pour N couples de points pris au hasard sur la surface tridimensionnelle [6,7]. Pour choisir ces points, on parcourt le maillage de l'objet et on calcule l'aire de chaque triangle (facette) ainsi que la surface cumulée des facettes déjà parcourues. Pour choisir un point, on choisit une facette dont la surface cumulée, lors du parcours du maillage jusqu'à cette facette, est égale à un nombre tiré aléatoirement entre 0 et la valeur de l'aire totale cumulée à la fin du parcours.

Soit A, B et C les sommets du triangle tiré au hasard (figure 2). Un point P est pris sur cette facette en utilisant l'équation suivante :

$$P = (1 - \sqrt{r_1})A + \sqrt{r_1}(1 - r_2)B + \sqrt{r_1}r_2C \quad (2)$$

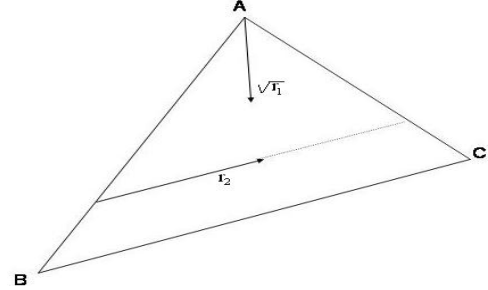


Figure 2 – Sélection aléatoire d'un point sur une surface.

Où r_1 et r_2 sont deux nombres réels tirés au hasard entre 0 et 1. Pour chaque paire de points sélectionnée sur la surface du modèle tridimensionnel, l'index de distance peut être évalué en calculant la distance euclidienne entre ces deux points.

3 La logique Floue

La logique floue a été fondée par Zadeh [8]. Selon lui, la logique floue est la théorie des ensembles flous (Fuzzy Set Theory) qui est une extension de la théorie des ensembles dits 'ensembles classiques' [9].

La fonction d'appartenance d'une variable x à un ensemble A est définie par :

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } x \in A \\ 0 & \text{si } x \notin A \end{cases} \quad (3)$$

Cela signifie qu'un élément x est membre de l'ensemble A ($\mu_A(x) = 1$) ou non ($\mu_A(x) = 0$). Or dans plusieurs situations (Cas de $x \in]0, 1[$), il est difficile de définir avec certitude si x appartient à A ou non. Par exemple, considérons A ($x > 50^0C$) l'ensemble des valeurs de température pour lesquelles on dit que l'eau est chaude et B ($x < 30^0C$) l'ensemble des valeurs de température pour lesquelles on dit que l'eau est froide. il existe un nombre important de valeurs de température entre ces deux limites. Dans cet interval, on peut utiliser des valeurs comprises strictement entre 0 et 1 pour classer la température de l'eau comme étant partiellement chaude ou froide. Le degré d'appartenance à un groupe indique la valeur de vérité de la proposition "l'eau est chaude". L'ensemble flou A est noté par :

$$A = \int_x \mu_A(x)/X \quad (4)$$

Où $\mu_A(x)$ est la fonction d'appartenance à A et X est l'ensemble de toutes les valeurs de x . Si $\mu_A(x)$ est égale à 1 on dit que sûr et certain x appartient à la classe A ; et, $\mu_A(x)$ égale à 0 veut dire que sûr et certain x n'appartient pas à A.

4 Application de la logique floue

Dans notre approche, nous avons exploité la puissance de descripteur de courbure pour caractériser les objets tridimensionnels (figure 1). Les classes d'objets tridimensionnels sont constituées d'objets tridimensionnels ayant des spectres de courbures similaires. Chaque spectre représente la distribution de descripteur de courbure sur un objet tridimensionnel dans la base.

Chaque classe est défini par un espace vectoriel, où chaque vecteur représente un spectre d'un objet de la classe. Cet espace est délimité par un vecteur de valeurs maximales (le spectre de courbure maximale), un vecteur de valeurs minimales (spectre de courbure minimale) et un vecteur représente le centre de masse de l'espace vectoriel qui est le spectre de courbure de la classe. Pour caractériser une classe d'objets 3D, nous avons considéré le spectre de courbures calculé de la classe comme la moyenne des spectres de courbures des objets de la classe.

Soit f_S , f_I et f_C le vecteur maximale, le vecteur minimale et le centre de masse d'une classe d'objets donnée. Le degré d'appartenance $D_{r,c}$ d'un objet requête R de spectre de courbure f_r à une classe C et donnée par :

$$\begin{cases} D_{(r,c)} = \frac{|f_S - f_C|}{|f_r - f_C|} & \text{si } f_C < f_r < f_S \\ D_{(r,c)} = \frac{|f_r - f_I|}{|f_C - f_I|} & \text{si } f_I < f_r < f_C \\ D_{(r,c)} = 0 & \text{sinon} \end{cases} \quad (5)$$

La figure 3 montre les bornes d'une classe d'objets 3D.

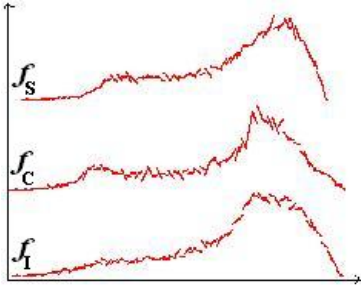


Figure 3 – Exemple de la plage des spectres pour la classe des vases.

En d'autre part, Le spectre de courbure est un vecteur constitué d'un ensemble de N valeurs discrètes : $f_r = \{C_1, C_2, C_3, \dots, C_N\}$. Le degré d'appartenance d'un objet 3D à une classe sera l'ensemble des degrés d'appartenance des valeurs constituant son spectre de courbure.

$$D_{(r,c)} = \sum_{i=1}^N d_{(i,C)} \quad (6)$$

où $d_{(i,C)}$ est le degré d'appartenance d'un échantion i de spectre de courbure de la requête R à la classe C.

5 Résultats expérimentaux

Pour expérimenter notre approche, nous avons utilisé une base d'objets 3D composée de 54 modèles au format VRML 2.0. Les modèles similaires géométriquement sont groupés manuellement dans la même classe. Nous avons obtenu sept classes génériques : Avions, Echech, Humain, Poisson, Quadru, Voiture et Vase. Les objets des 6 premières classes sont issus de la base 3DCafe [14]. Les objets de la classe Vase sont des modèles tridimensionnels de vases artisanaux marocains.

Pour tester notre approche, nous avons procédé à un ensemble d'expériences. Pour chaque objet d'une classe, nous avons calculé sa classe d'affectation par notre méthode.

Dans la figure 5, nous donnons les résultats de ces expériences où La classe 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7 désigne respectivement la classe des avions, echecs, humains, poissons, quadrupèdes, voitures et des vases. Nous présentons chaque objet requête par une vue caractéristique, et en dessous de chaque vue nous donnons la classe d'affectation retournée par notre méthode pour cet objet requête.

Nous voyons que la classe d'affectation pour certains objets n'est pas la classe d'origine. Cela vient du fait que certains objets appartenant à des classes différentes ont des formes géométriques similaires. Dans la figure suivante, nous voyons que la forme de l'avion avec des ailles est plus proche de celle d'un humain qui lève ses bras ainsi que la forme d'un vase avec celle d'un Echech.

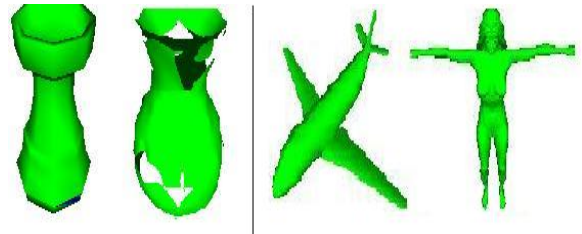


Figure 4 – similarité entre deux objets de deux classes différentes.

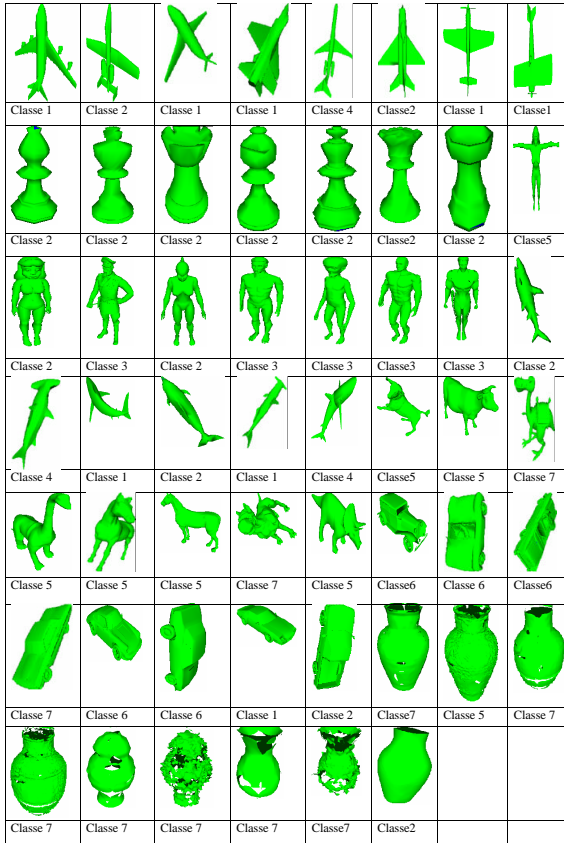


Figure 5 – résultats de test

6 Conclusion

Dans ce papier nous avons proposé une méthode pour la classification, en vue de l'indexation, des objets 3D. La méthode est basée sur la maximisation d'un degré d'appartenance calculée sur le spectre de courbure d'objet requête et les spectres de courbures définissant les classes d'objets 3D. Le test de notre approche est effectué sur un ensemble d'objets de différentes formes. Les résultats obtenus sont encourageants et montrent l'intérêt de notre approche.

Actuellement, nous travaillons à généraliser notre approche à l'index de distance et enrichir nos descripteurs par d'autres mesures géométriques et statistiques.

Références

- [1] J-P.Vanderborre, M.Daoudi and C.Chaillou. 3D models recognition from a 2D sketch. *CESA'98*, Nabeul-Hammamet, Tunisia april 1998.
- [2] S.Mahmoudi et M.Daoudi. Une méthode d'indexation de modèles 3D. *RFIA'02*, pages 19–28, Janvier 2002.
- [3] T.Zaharia et F.Prêteux. Indexation de maillages 3D par descripteur de forme. *RFIA'02*, pages 48–57, Janvier 2002.

- [4] C.Zhang and T.Chen. Efficient feature extraction for 2D/3D objects in mesh representation. *ICIP'01*, 2001.
- [5] T.Muro. Descriptors of polyhedral data for 3D-shape similarity search. *MPEG-7 proposal Evaluation Meeting*, p177, Lancaster, UK, Février 1999.
- [6] R.Osada, T.Funkhouser, B.Chazells and D.Dobkin. Matching 3D models with shape distributions. *Shape Modeling International*, May 2001.
- [7] R.Osada, T.Funkhouser, B.Chazells and D.Dobkin. Shape Distributions. *Shape Modeling International*, May 2001.
- [8] L.A.Zadeh. Fuzzy logic, neural networks, and soft computing. *ACM'94*, vol.37, no 3, pp.77-84, March 1994.
- [9] A.Idri et A.Abran. La Logique Floue appliquée aux modèles d'estimation du coût. in *Séminaire départemental*, pp. 17, Université du Québec à Montréal 1999.
- [10] R.Mohr, S.Picard and C.Schmid. Bayesian decision versus voting for image retrieval. *CAIP'97*, June 6.
- [11] J.Ho Yi and D.M.Chelberg. Model-Based 3D Object Recognition using Bayesian Indexing. *computer vision and image understanding*, Vol.69, No. 1, pp.87-105, Janvier, 1998
- [12] A.Sadiq, R.O.H.Thami, M.Daoudi et J.P.Vandeborre. Classification des Objets 3D basée sur la Théorie de Bayes. *CoPSTIC'03*, 12 décembre 2003.
- [13] M.Sadgal, A.El Fazziki et A.Ait Ouahman. Une Architecture Pour LA Reconnaissance D'Objets EN Imagerie Aérienne. *Journal électronique d'intelligence artificielle*, 2003-07-30.
- [14] <http://www.3dcafe.com>