

# Elaboration d'un logiciel d'ajustement de surfaces à partir d'un nuage de points 3D

Mouhcine Chami\*, Marhraoui Hsaini Abdallah\*\*,  
Lhoussaine Masmoudi\* and Larbi Radouane\*

\* LESSI, Département de Physique, Faculté des Sciences de Fès  
B.P. 1796, Fès-Atlas 30 000, Maroc.

\*\* Département de Génie Electrique, Ecole Supérieure de Technologie de Meknès, Route d'Agouray, Km  
5, BP 3103. Toulal, Meknès, Maroc  
E-mail: mhabdallah@caramail.com

## Mots clés

Acquisition, surface de Bézier, subdivision adaptative, algorithme, vision 3D.

## Résumé

Dans ce papier, un logiciel d'ajustement de surfaces est élaboré. L'algorithme est basé sur la représentation paramétrique des surfaces de Bernstein-Bézier en utilisant les techniques de subdivision adaptatives. Le logiciel est testé sur un ensemble de bases de données synthétiques et réelles et les résultats obtenus sont satisfaisants.

## Abstract

In this paper, a surface fitting software has been elaborated. The algorithm is based on the parameter representation of Bernstein-Bezier surfaces and using adaptive subdivision techniques. The software has been tested on a number of synthetic and real data. The obtained results are satisfactory.

## 1. Introduction

Actuellement, l'image 3D est le support idéal pour véhiculer l'information la plus complète. En effet, les systèmes d'acquisition de l'information 3D permettent, à partir de l'information de niveau de gris d'un ensemble d'images 2D prises sous différents angles de vue de la scène, l'extraction et la mesure de la profondeur de l'objet par rapport au système [1, 2]. Ceci, conduira au calcul des coordonnées d'un nuage de points 3D dans un repère réel. Cette représentation tridimensionnelle permettra une meilleure appréhension des problèmes d'analyse, de contrôle par vision, reconstruction des structures anatomiques, reconstruction des surfaces géologiques pour des applications topographiques, numérisation d'objets d'Art pour l'archivage, l'exposition virtuelle, l'inspection automatique et contrôle de qualité.

La plus part des scènes réelles sont composées, partiellement ou totalement, de courbes ou de surfaces. Le problème posé est de générer une représentation de courbe ou de surface la plus proche possible à celle de l'objet existant à partir d'un nuage de points issus de la numérisation de la scène, en général des points 3D. Plusieurs méthodes ont été développées et utilisées dans la littérature [4, 5, 6], et le succès d'application de ces méthodes dépend beaucoup de l'application envisagée.

Notre objectif est d'élaborer un logiciel d'ajustement de surfaces à partir d'un nuage de points 3D, qui couvre un large spectre d'applications sur des objets de structures plus ou moins complexes. L'approche est basée sur la représentation des surfaces paramétriques de Bézier et sur la technique de subdivision adaptative [7, 4].

Avant d'entamer une description mathématique des surfaces de Bézier, quelques techniques d'acquisition de l'information 3D sont présentées et le choix de l'utilisation d'une base de donnée issue d'un système de vision active est justifié. Par la suite, nous décrivons les différentes étapes du logiciel d'ajustement et de visualisation, et nous commentons les résultats d'applications obtenus sur des bases de données synthétique et réelle.

## 2. Système d'acquisition de l'information 3D

Il existe plusieurs types de techniques pour l'acquisition de données 3D, elles peuvent se classer en deux catégories; système de vision passive basée sur des capteurs stéréoscopiques sans contrôle de lumière [2] et système de vision active qui emploie une source de lumière; généralement le laser [3]. Chaque système a ses avantages et ses inconvénients suivant des caractéristiques spécifiques.

Pour ce travail, nous allons utilisés les données issues de la technique de la triangulation active. Cette technique emploie un faisceau directif produit par un laser qui balaye la scène voir figure 1. Une caméra observe la trace ainsi formée sur la scène sous un angle donné, et les lois de la trigonométrie permettent de déduire l'information 3D [4]. Ce type de base de donnée respecte la topologie rectangulaire qui facilite les étapes de traitement.

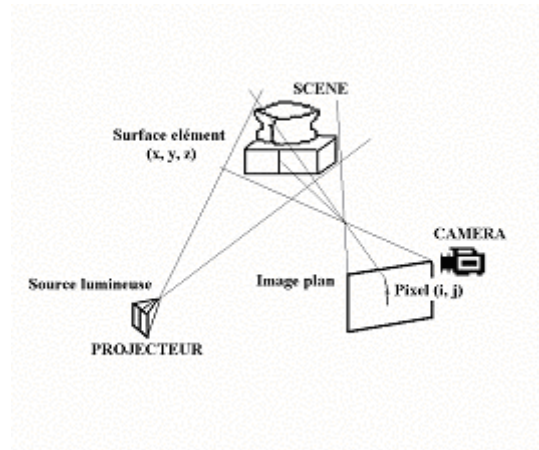


Figure 1 : Type d'acquisition active

## 3. Représentation de Bernstein-Bézier

Les surfaces paramétriques sont déterminées à partir de grille (patches) de points de contrôles.

$$Q(u, v) = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m P_{ij} B_{i,n}(u) B_{j,m}(v) \quad (3.1)$$

Avec :

$$B_{i,n} = C_i^n u^i (1-u)^{n-i}, B_{j,m} = C_j^m v^j (1-v)^{m-j}, C_i^n = \frac{n!}{i!(n-i)!} \text{ et } C_j^m = \frac{m!}{j!(m-j)!} \quad (3.2)$$

Où

$(m+1)(n+1)$  points de contrôle  $P_{ij}$  et  $u, v \in [0,1]$

Pour les surfaces de Bézier cubique [7], chaque grille  $Q(u, v)$  est spécifiée par seize points de contrôles logés dans une matrice  $P$  voir figure 2.

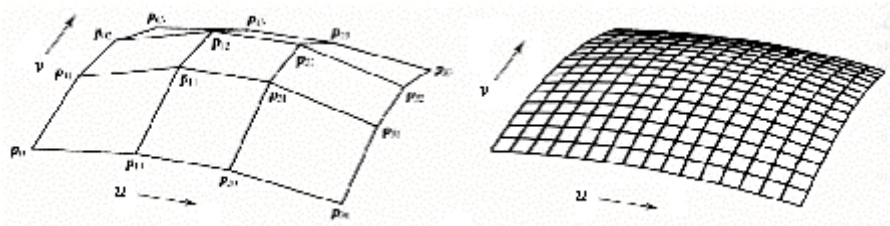


Figure 2 : A gauche les 16 points de contrôle de la surface de Bézier, à droite la surface générée

La détermination de la surface  $Q$  est obtenue par l'expression suivante :

$$Q(u,v) = (u^3, u^2, u, 1) \begin{pmatrix} -1 & 3 & -3 & 1 \\ 3 & -6 & 3 & 0 \\ -3 & 3 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} P_0 & P_1 & P_2 & P_3 \\ P_4 & P_5 & P_6 & P_7 \\ P_8 & P_9 & P_{10} & P_{11} \\ P_{12} & P_{13} & P_{14} & P_{15} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -1 & 3 & -3 & 1 \\ 3 & -6 & 3 & 0 \\ -3 & 3 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v^3 \\ v^2 \\ v \\ 1 \end{pmatrix} \quad (3.3)$$

Ou bien

$$Q(u,v) = (u^3, u^2, u, 1) M_{bezier} P M_{bezier}^T (v^3, v^2, v, 1)^T \quad (3.4)$$

#### 4. Algorithme d'ajustement de surface

Dans ce travail, le problème de la contrainte de continuité de type **G1** est exploité pour simplifier les étapes de l'algorithme.

##### 4. 1 Méthode de subdivision adaptative

La base de donnée initiale est choisie avec  $N_u \times N_v$  grilles (patches) dans la direction de  $u$  et de  $v$ , respectivement. Pour chaque grille on remplit la matrice correspondante  $P$ .

La phase de subdivision se résume en fait en deux étapes : Création de nouveaux points de contrôles par subdivision et positionnement de ces derniers.

Soit une grille avec ses 8 grilles proches voisines.

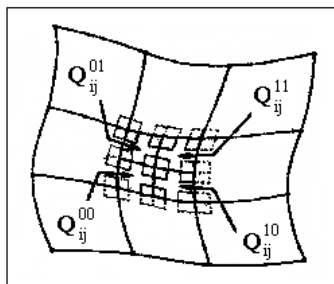


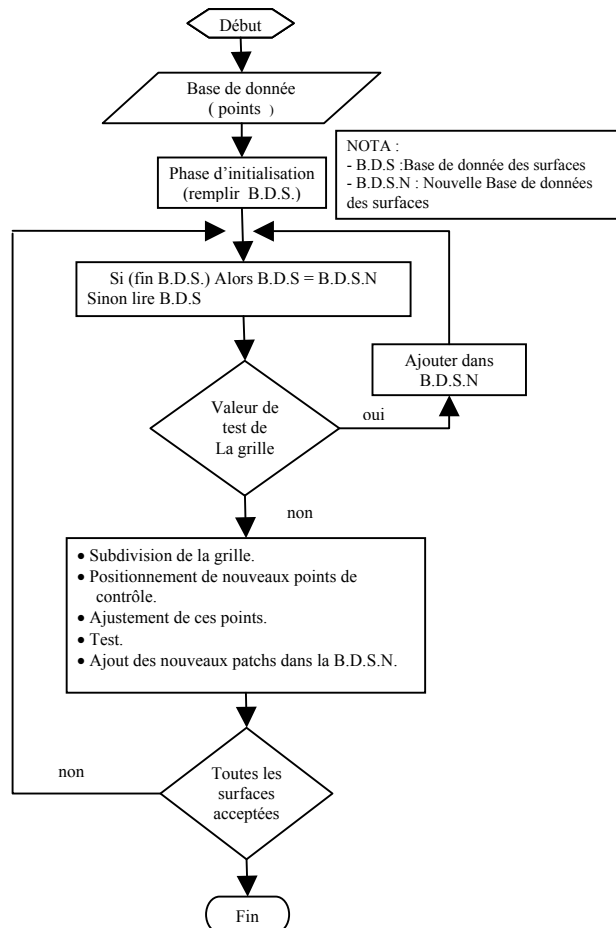
Figure 3. Une grille avec les 8 grilles voisines

Chaque grille non acceptée est subdivisée en quatre sous grilles. Ces sous grilles sont-elles même des surfaces cubiques de Bézier. Leurs matrices de contrôles  $P^{ij}$  se calculent en fonction de la matrice de la grille initiale. Pour chaque nouveau point déduit de la première étape, on cherche son correspondant dans la base de donnée. Et par la suite, on positionne ses huit points voisins, suivant la procédure développée dans [4].

Ce processus de subdivision se répète, selon le résultat obtenu et suivant le critère d'arrêt du programme. Le principe du critère est simple et peut être amélioré, il se base sur l'idée de chercher le centre de la grille et le centre de la surface générée à partir de cette grille et de comparer leur distance euclidienne avec un seuil prédéfini.

#### 4. 2 Procédures du logiciel

L'organigramme :



Le programme est écrit en Pascal avec l'interface Delphi. Il comprend principalement cinq unités :

- .Une unités contenant les déclarations des types, constantes et variables du programme.
- .Une unité contenant les procédures d'affichage en 3D dans un plan 2D.
- .Une unité contenant les procédures de calcul des huit points de contrôles, ainsi le plan tangent.
- .Une unité contenant les procédures de calcul nécessaire pour les autres unités.
- .Deux unités comme feuilles de dialogues pour le programme.

#### 5. Application

On considère deux bases de données ; synthétique et réelle.

- 1- une sphère de 1953 points 3D en (x, y, z) correspondant à 63 axes horizontaux de même z et 31 axes parallèles de même angle de positionnement.
- 2- Une statuette de Victor Hugo analysée avec des coordonnées cartésiennes, de 8280 points en (x, y, z) correspondant à 120 axes horizontaux de même z et 69 axes parallèle de même angle de positionnement.

La base initiale est choisie avec  $N_u = 3$  et  $N_v = 6$ , ce qui donne 18 grilles.

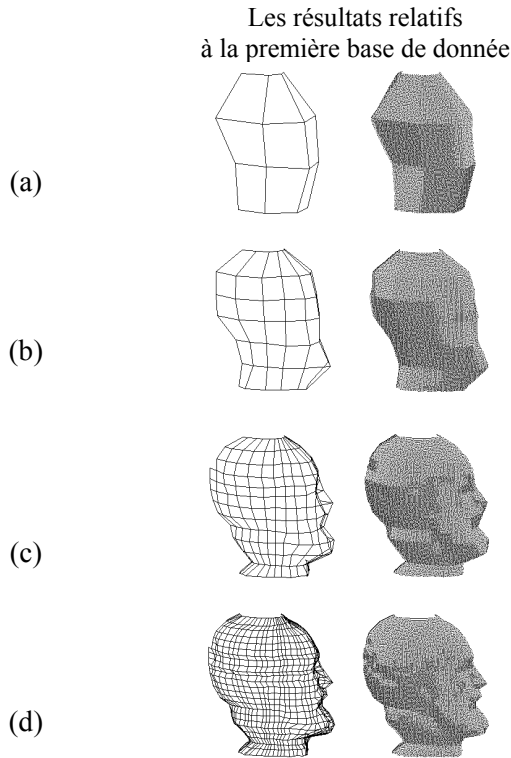


Figure 4 : (a) Phase initialisation.  
(b, c, d) La 1<sup>ère</sup>, la 2<sup>ème</sup> et la 3<sup>ème</sup> subdivisions.  
A gauche les subdivisions des patches (grilles),  
à droite les surfaces générées.

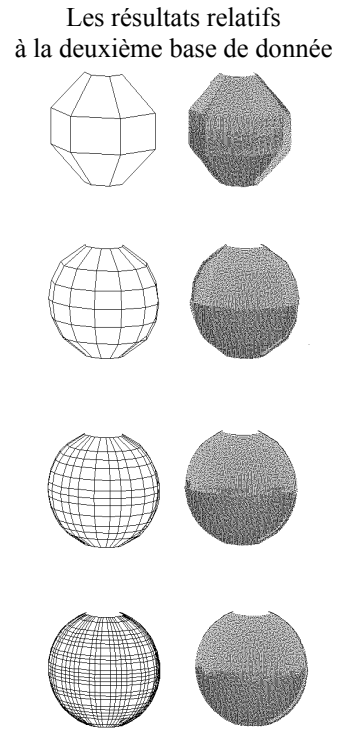


Figure 5 : (a) Phase initialisation.  
(b, c, d) La 1<sup>ère</sup>, la 2<sup>ème</sup> et la 3<sup>ème</sup> subdivisions.  
A gauche les subdivisions des patches (grilles), à  
droite les surfaces générées.

Les figures 4 et 5 illustrent les itérations successives du programme de la subdivision adaptative. A gauche de chaque figure, on trouve les subdivisions des grilles traitées et à droite les surfaces générées à partir de ces grilles.

Le tableau 1 illustre les résultats pour un seuil égal à 2.

Tableau 1

Base de donnée de Victor Hugo	Points Nouveaux	Cumul Points
Initialisation	24	24
1 <sup>ère</sup> Subdivision	60	84
2 <sup>ème</sup> Subdivision	221	305
3 <sup>ème</sup> Subdivision	823	1128

**N. B.** : Le nombre de points dans la base de données initiale est 8280.

Les résultats montrent qu'une meilleure représentation est obtenue à partir de la troisième subdivision.

## 6. Conclusion

Dans ce travail, un logiciel d'ajustement de surfaces à partir d'une base de donnée a été élaboré. L'idée de base est d'utiliser la technique de subdivision adaptative et la représentation de Bernstein-Bézier pour générer des surfaces aussi proche de la base de donnée. Les résultats obtenus sont satisfaisants. Cependant, nous pouvons noter que le choix du seuil est primordial pour une meilleure représentation.

## Remerciement

*Recherches menées dans le cadre du Programme Thématique d'Appui à la Recherche Scientifique. Le travail décrit dans ce papier est une partie du projet PROTARS N° P6T1/15.*

## References

- [1] RA Jarvis, A perspective on range-finding techniques for computer vision, IEEE Trans. Pattern Analysis Mach. Intell., 5:122-139, March 1983.
- [2] AYACHE, N., Vision stéréoscopique et perception multi sensorielle : Application à la robotique mobile, Collection Science Informatique, Inter Edition, France.
- [3] Paul J. Besl, Active, Optical Range Imaging Sensor, Machine Vision and Application, pp. 127-152, Spring-Verlag, New York Inc, 1988.
- [4] Francis J. M. Schmitt, Brian A. Barsky and Wen-Hui Du, An Adaptative Subdivision Method for Surface-Fitting from Sample Data, Dallas August 18-22, Volume 20, Number 4, 1986, pp. 179-188.
- [5] H. Suzuki, S. Takeuchi, T. Kanai, and F. Kimura, Subdivision Surface Fitting to a Range of Points, Proc. IEEE Pacific Graphics '99, Seoul, pp.158-167 (1999).
- [6] David Roussel, Reconstruction de Courbes et des Surfaces 3D en Stéréo Acquisition, thèse, Université Paris XI Sud, 1999.
- [7] Brian A. Barsky and Tony D. DeRose, The Beta2-spline: A Special Case of The Beta-spline Curve and Surface Representation, IEEE Computer Graphics and Applications, Vol. 5, N°. 9, September, 1985, pp. 46-58.