

Textures volumiques interactives à base de coloration de voxels

Mohamed Chaouki Babahenini¹ et NourEddine Djedi²

¹ Département d'informatique,
Faculté des sciences et des sciences de l'ingénieur,
Université Mohamed Khider Biskra , Algérie
Chaouki.Babahenini@gmail.com

² Département d'informatique,
Faculté des sciences et des sciences de l'ingénieur,
Université Mohamed Khider Biskra , Algérie
djedi_nour@yahoo.fr

Résumé L'objectif de cet article est d'intégrer une technique de reconstruction de scène (coloration de voxels) à partir d'un ensemble d'images dans la synthèse de l'élément de référence d'une texture volumique. Celui-ci sera convertit dans une seconde phase en un ensemble de couches (images 2D assimilées à des textures transparentes), qui seront projetées et composées successivement à l'aide de l'algorithme Z-buffer sur la surface de la scène définie à l'aide d'un maillage volumique. Le modèle proposé permet le rendu réaliste de scènes complexes répétitives à moindre coût grâce essentiellement à l'exploitation efficace des capacités des cartes graphiques et au fait qu'il tienne compte du niveau de détail selon la position de l'observateur.

Mots clés Rendu temps réel, Couches d'images, Niveaux de détails, Textures volumiques, Opengl, Coloration de voxels.

1 Introduction

Les textures volumiques offrent un rendu réaliste des scènes complexes, en utilisant le lancer de rayons. Cependant, pour des applications temps réel, cette technique sous sa forme initiale n'est pas adaptée. Le rendu à base de couches d'images, est une approche de rendu traitant les problèmes de complexité. Il permet la génération de scènes réalistes à moindre coût. Pour le rendu, il suffit de projeter et de composer successivement les couches sur le plan image (Z-Buffer) pour obtenir l'image finale. Chaque couche projetée est combinée avec le résultat précédent en tenant compte de la densité de chaque pixel. Cette projection est plus rapide que les calculs de projection pour chaque voxel, permettant un gain de temps appréciable.

Cet article présente une méthode d'intégration de la technique de coloration de voxel dans les textures volumiques à base de couches d'images [1]. Ceci permet, de généraliser le volume de référence défini initialement à partir d'images clés (photographiques ou synthétiques). Ce volume est transformé en un ensemble de couches sur lesquelles on applique la méthode de Meyer [2] pour effectuer un rendu temps réel tirant profit des capacités élevés des cartes graphiques.

2 Travaux antérieurs

2.1 Représentation initiale

La technique des textures volumiques, présentée par Kajiya[3], permet de représenter des géométries répétitives complexes recouvrant une surface. Le principe consiste à produire un échantillon de texture volumique; lequel est stocké en un seul exemplaire dans un *volume de référence*, dont les copies déformées, appelées « *texels* », seront plaquées sur une surface composée de patches bilinéaires.

Le volume de référence est constitué de voxels dont chacun contient une information spatiale de présence et une fonction de comportement photométrique local. Le calcul du rendu utilise un lancer de rayon exploitant un échantillonnage stochastique des rayons afin d'alléger les calculs. Afin de réaliser une représentation efficace des géométries complexes en introduisant le principe du niveau de détail, Neyret [4] proposa l'utilisation de l'octree pour le codage volumique de l'échantillon de texture et une paramétrisation de la fonction de réflectance. Le rendu de la texture volumique s'effectue alors en deux passes : un rendu global exploitant un algorithme classique de lancer de cône et un rendu local intégrant le modèle d'illumination de *Phong*.

2.2 Représentation basée couches d'images

Pour minimiser le temps de rendu, Lacroute [5] a introduit le rendu par couches d'images qui sont projetées sur le plan image pour l'obtention de l'image finale, chaque couche étant projetée et combinée avec le résultat précédent. L'avantage principal de cette factorisation est le gain du temps car la projection d'une couche est plus rapide que le calcul de projection. Westermann [6] a présenté un modèle incluant l'éclairage diffus dans les images médicales en utilisant une texture unique. Pour simuler le shading diffus, il a introduit une nouvelle texture tridimensionnelle.

Pour effectuer le rendu temps réel des textures volumiques, Neyret [2] a tiré profit des capacités de traitement élevées des cartes graphiques. Dans ce contexte, un volume cubique est représenté par une série de couches carrées recouvertes d'une texture semi transparente. Un objet tridimensionnel est ainsi traduit en couches. Pour résoudre le problème de vision entre les couches, Neyret a défini trois directions de couches en utilisant l'une d'entre elles en fonction du point de vue de l'utilisateur. La génération des texels peut se faire de deux manières, en convertissant une représentation polygonale ou à partir d'une texture de Perlin. Une adaptation des textures volumiques à base de couches d'images a été proposée par Lengyel [7], pour le rendu de fourrures. Afin de résoudre le problème des vues transversales, il utilisa quatre polygones texturés représentant la silhouette qu'il plaque sur les quatre cotés du texel. Jakulin [8] proposa un modèle hybride entre les texels, la géométrie et les polygones en croix pour la représentation d'arbre en le séparant en deux entités distinctes. Pour le rendu il mélangea les tranches des deux directions de textures en les pondérant en fonction de l'angle entre la direction de visée et la normale à la tranche. Sénégas[9] a développé une nouvelle version des textures volumiques temps réel en ajoutant un calcul d'illumination aux texels afin de tirer profit des capacités des cartes graphiques actuelles permettant d'évaluer l'illumination en chaque pixel du polygone et non plus aux sommets des maillages.

3 Motivations

Les motivations liées à l'intégration de la technique de coloration de voxel dans les textures volumiques à base de couches d'images sont :

- La représentation d'une scène comme élément de référence indépendamment de la forme des objets. Ainsi, il suffit qu'elle soit simplement représentée par une série d'images de synthèse ou des photographies. Le volume de référence est alors obtenu par la technique de coloration de voxel.
- Utilisation d'une représentation multi-échelle en convertissant le volume de référence en un ensemble de couches d'images, qui sont interprétées en tant que textures transparente.
- Utilisation des capacités des cartes graphiques, rendant la technique proposée interactive.

4 Textures volumiques interactives à base de coloration de voxels

4.1 Modélisation de l'élément de référence par la technique de coloration de voxel

Introduite par *Seitz* [10], la technique de coloration de voxel permet d'avoir une information de correspondance par la représentation de l'espace scène à partir de vues multiples V_0, \dots, V_n . Elle consiste à reconstruire une scène en affectant des couleurs (radiance) à des voxels (points) dans un volume tridimensionnel en garantissant la cohérence avec un ensemble d'images de base.

Pour pouvoir reconstruire la scène tridimensionnelle, nous avons utilisé un ensemble d'images de synthèse, générées par un lancer de rayon. Le processus de reconstruction est une projection inverse des pixels de chaque image vers l'espace scène discrétisé en voxels, ce qui permet d'avoir la même scène, représentée par une série de voxels. Le processus (figure 1) est effectué de la manière suivante :

- Initialement, nous construisons la grille des voxels transparents (La valeur d'alpha est 0).
- Nous utilisons les informations accompagnant la caméra pour calculer la matrice M de changement de repère entre le repère objet et le repère caméra.
- Une fois la direction du rayon obtenue, nous calculons la position du pixel projeté dans l'espace scène en utilisant l'information de profondeur accompagnant ce pixel.

Nous calculons ensuite la position du voxel correspondant dans la grille et nous attribuons la couleur du pixel au voxel trouvé, et la valeur alpha du voxel soit 255. Nous pouvons enfin générer le volume de référence à base de couches (figure 2) en utilisant l'ensemble des voxels colorés.

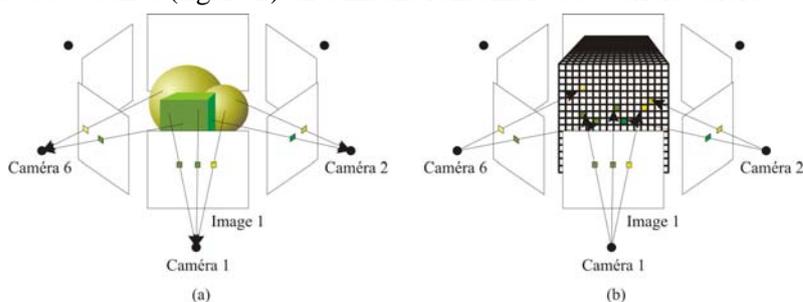


Figure 1 : Reconstruction à partir des images de profondeur.

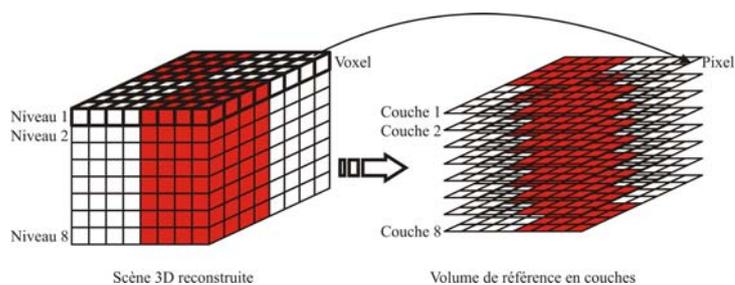


Figure 2: Le passage entre une représentation à base de voxel et une autre à base de couches d'images

4.2 Rendu en utilisant le nouveau modèle de texture volumique

La surface à habiller peut être représentée par un ensemble de boîtes construites en utilisant un maillage surfacique. Chaque boîte est ainsi définie par $2N$ points [2]: N points pour la base et N points pour le sommet. A partir des informations contenues dans une boîte, on obtient les coordonnées des faces texturées que l'on affiche avec *OpenGL*. Une boîte est définie par ses points de la base et du sommet. Le calcul des coordonnées des différentes tranches se fait par une interpolation linéaire.

Les coordonnées des points de ces faces ne sont recalculées que lorsque la boîte se déforme. La technique du Z-buffer impose que l'affichage des faces transparentes se fasse par ordre de profondeur. Quand *OpenGL* affiche un nouveau polygone, il traite tous les pixels de ce polygone comme ceci [2] : **Si** (la profondeur du point est plus éloignée de l'œil que celle du Z-buffer) et (le point du Z-buffer appartient à un polygone totalement opaque) **Alors** Le point est rejeté, **sinon** on l'affiche en appliquant la formule suivante :

$$Couleur_{ecran} = Alpha_{point} \times Couleur_{point} + (1 - Alpha_{point}) \times Couleur_{ecran}$$

Dans le cas où le point appartienne à un polygone semi opaque, il faut faire une composition des couleurs en affichant les faces de l'arrière vers l'avant en respectant l'ordre de profondeur.

Lorsque l'angle de vue du texel est très aigu, on voit clairement que la surface est une superposition de couches. Pour résoudre ce problème, on introduit deux autres directions de tranches alternatives (figure 3).

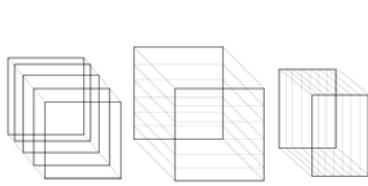


Figure 3 : Un texel avec ses 3 directions de faces

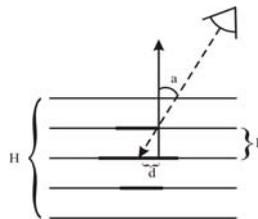


Figure 4 : Le premier critère.

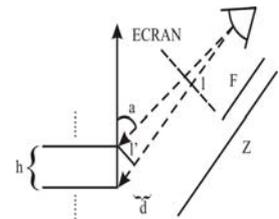


Figure 5 : Le deuxième critère.

On choisit, en fait, la direction dont le produit scalaire entre l'axe de vue V et les trois directions du texel N, T, B (Normale, Tangente, Bi-normale), est le plus grand en valeur absolue.

4.3 Introduction de l'aspect multi-résolution :

L'introduction de l'aspect multi-résolution consiste à réduire le nombre de couches affichées tout en gardant une qualité visuelle constante, l'objectif étant de trouver le juste équilibre entre réalisme et temps de calcul. Ainsi, on cherche à décrire l'importance d'un objet dans une scène afin de choisir la finesse de sa représentation.

4.3.1 Critère de qualité faisant intervenir l'angle de vue.

Lorsque le texel est vu parfaitement dans l'axe ou quand le point de vue s'écarte un peu de la direction de vision, l'effet de relief n'est pas important, on pourrait donc n'afficher qu'un nombre limité de faces texturées [2]. L'idée est d'afficher un nombre variable de couches qui dépend de l'angle de vue, c'est à dire de la distance d (figure 4) qui correspond à la profondeur visible à l'intérieur de l'objet.

Le critère de qualité CI est défini en majorant la distance d par d_0 , ce qui donne : $\frac{H \times \tan(\alpha)}{d_0} < n$, n étant

le nombre minimum de tranches ayant une qualité apparente constante.

4.3.2 Critère de qualité faisant intervenir la distance.

Le critère C2, consiste à définir l'écartement entre deux couches d'un texel. C'est-à-dire qu'on veut que la distance h projetée à l'écran soit bornée par d1 (en pixels). La distance h projetée à l'écran est l (figure 5). On veut que $l < d_1$ ce qui donne : $\frac{F \times H \times \sin(a)}{Z \times d_1} < n$.

Ce critère tient compte de la perspective, et de l'orientation du texel par rapport à l'axe de vue. Le nombre minimal de couches à afficher quand on utilise les deux critères est : $\max(C1, C2)$.

4.3.3 Affichage du texel.

Pour afficher le texel résultat avec le niveau de détail calculé selon le critère précédent, on pré-calculé des images intermédiaires où chacune est la combinaison des deux précédentes [11], jusqu'à n'obtenir qu'une dernière image, qui sera affichée selon la position et l'orientation du point de vue.

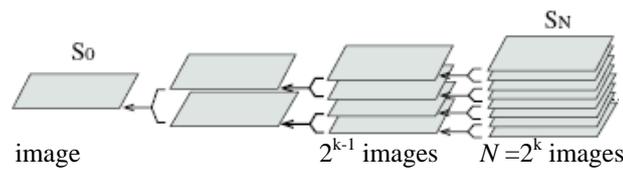
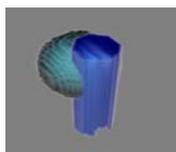


Figure 6 : Composition des couches d'images

5 Résultats

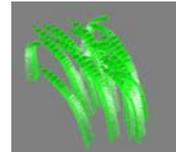
L'ensemble de résultats présenté sont obtenus en utilisant un Pentium IV équipé d'une carte graphique Nvidia. La figure 7 représente deux volumes de référence générés par la technique de coloration de voxels qui utilise l'information de profondeur accompagnant chaque pixel d'une image source. Une fois les volumes obtenus, ils sont traduits en un ensemble de couches. L'image de la figure 7a est régénérée en utilisant 6 images de profondeur. Dans ce cas, on a 8597 voxels colorés d'un total de 262144 voxels (64³). L'image de la figure 7b est obtenue de la même façon avec 12 images clés et 128³ voxels colorés. Les figures 8a et 8b montrent deux autres volumes de référence construits en utilisant une coloration de voxels à partir d'un maillage triangulaire (ou un nuage de points).



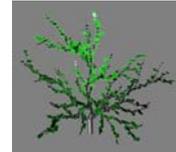
(a)



(b)



(a)



(b)

Figure 7 : volumes de référence obtenus en utilisant la technique de coloration de voxels.

Figure 8 : volumes de référence obtenus en utilisant la technique de coloration de voxels à partir d'un maillage triangulaire

La figure 9 présente un ensemble de vues prises à partir de points de vision différentes. Cette scène est un terrain composé de **10.000 patches** construits à partir d'une texture de *Perlin* habillé par un ensemble d'arbres. Le rendu s'effectue dans un temps interactif d'où la fréquence d'affichage varie entre **9 et 21 F.P.S** et la résolution du volume de référence est **128³**.



Figure 9 : Différents points de vue d'un terrain de 10000 patches habillé par un ensemble d'arbres

6 Conclusion et perspectives

Nous avons décrit dans cet article une approche multi-échelle pour rendre en temps réel des textures volumiques par l'intégration de la technique de coloration de voxel dans la représentation de l'élément de référence. Ceci nous a permis de généraliser l'utilisation des texel pour des objets définis uniquement par un ensemble d'images clés (photographies ou images de synthèse).

Pour le plaquage des texels sur la surface support, nous avons utilisé une technique basée sur les couches d'images [2], qui est très efficace pour un rendu temps réel étant donné qu'elle exploite la capacité des cartes graphiques. Les résultats obtenus permettent une navigation interactive dans une scène. Cependant, il reste encore quelques points à améliorer :

- L'utilisation de trois directions de couches étend trois fois l'espace mémoire utilisé pour stocker le volume de référence.
- L'extension de la méthode en la généralisant pour d'autres types de scènes [12].
- La génération d'un éclairage local dans les texels intégrant le rendu à base d'images.
- L'animation des textures volumiques.

Références

- [1] Decaudin P., Neyret F. Rendering Forest Scenes in Real-Time. In *Eurographics Symposium on Rendering (2004)*.
- [2] Meyer A., Neyret F. Interactive volumetric textures. In *Eurographics Rendering Workshop 1998* (July 1998), 157-168.
- [3] Kajiya J., Kay T. Rendering fur with three dimensional textures. *Computer Graphics (Proceedings of SIGGRAPH 89)* 23, 3 (July 1989), 271- 280.
- [4] Neyret F.: Modeling animating and rendering complex scenes using volumetric textures. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 4, 1 (Jan..Mar. 1998).
- [5] Lacroute P. and Levoy M. Fast volume rendering using a shear-warp factorization of the viewing transformation. *Proceedings of SIGGRAPH '94*, Computer Graphics Proceedings, 451-458, July 1994.
- [6] Westermann R. and Ertl T. Efficiently using graphics hardware in volume rendering applications. *Proceedings of ACM SIGGRAPH*, 169 - 178, July 98.
- [7] Lengyel J., Praun E., Finkelstein A., Hugues H. Real-Time Fur over Arbitrary Surfaces. Symposium on Interactive 3D Graphics, 227-232, 2001.
- [8] Jakulin A. Interactive Vegetation Rendering with Slicing and Blending. *Proc. eurographics 2000 (Short Presentations)*
- [9] Sénégas F. Rendu de forêts en temps-réel à base de représentations alternatives. *Rapport de DEA IVR 2001*, INPG.
- [10] Seitz S. M. and Dyer C. R. Photorealistic Scene Reconstruction by Voxel Coloring , *Proc. Computer Vision and Pattern Recognition Conf.*, 1997, pages 1067-1073.
- [11] Porter T. and Duff T. Compositing Digital Images *Computer Graphics* Volume 18, Number 3 July 1984, pages 253 – 259
- [12] Lefebvre S., Hornus S. and Neyret F. Texture Sprites: Texture Elements Splatted on Surfaces *I3D 2005 - ACM SIGGRAPH Symposium on Interactive 3D Graphics and Games*