Utilisation du rendu expressif pour l'illustration et l'exploration de données archéologiques

Romain Vergne[1] romain.vergne@labri.fr
Adrien Bousseau[2] adrien.bousseau@inrialpes.fr
Joëlle Thollot[2] joelle.thollot@imag.fr
David Vanderhaeghe[2] david.vanderhaeghe@inrialpes.fr
Pascal Barla[1] pascal.barla@labri.fr
Xavier Granier[1] xavier.granier@labri.fr

[1] INRIA Bordeaux Sud Ouest, 351 cours de la Liberation, 33405 TALENCE

[2] INRIA Rhônes Alpes Grenoble, 655 avenue de l'Europe Montbonnot, 38334 Saint Ismier

Résumé

Le rendu expressif est une branche relativement jeune de la synthèse d images qui s intéresse non pas à créer des images qui sont le résultat de simulations de phénomènes physiques réalistes, mais qui tend à communiquer visuellement des informations sur les objets représentés par le biais de styles variés (dessin, aquarelle, etc). Ce type de rendu semble particulièrement adapté au domaine de l archéologie pour deux raisons : il permet d'illustrer les hyp othèses de reconstruction 3D archéologiques sans pour autant biaiser l interprétation par une r eprésentation trop réaliste et peut aussi apporter une méthode visuelle intuitive d exploration de données ar chéologiques. Dans cet exposé, nous allons tout d abord présenter les travaux que nous avons réalisé par le pass é portant sur la création d illustrations (effets de papier, aquarelle). Puis nous allons introduire les aspects du rendu expressif qui permettraient l exploration sémantique de données archéologiques.

Expressive rendering is a new branch of computer graphics which goal is not to create images that are the result of simulations of realistic physical phenomena, but rather to communicate information on the objects using different styles (drawing, watercolor, etc.). This type of rendering seems to be particularly suited to the field of archaeology for two reasons: it allows to illustrate 3D archaeological reconstruction assumptions through different styles without adding bias in the interpretation because of a too realistic representation; it can also give a visually intuitive method to explore archaeological data. In this article, we will first present the work we have done in the past on the creation of illustrations (paper effects, watercolor). Then we will introduce aspects of expressive rendering that would allow a semantic exploration of archaeological data.

Introduction

La synthèse d'images est souvent utilisée par les archéologues pour illustrer les objets et monuments qu'ils étudient. Cela leur permet de communiquer facilement des informations, que ce soit pour le grand public ou pour rendre compte de leurs travaux de recherche aux spécialistes.
Dans cet article, nous présentons une technique de rendu novatrice qui ne s'attache pas à reproduire les scènes avec le plus grand réalisme possible, mais plutôt à communiquer des informations spécifiques et adaptées aux besoins. Dans un premier temps, nous montrerons pourquoi cette approche fournit de nouveaux outils et de nouvelles méthodes de visualisation, puis nous nous focaliserons plus particulièrement sur les résultats récents de nos deux groupes.

Rendu non-photoréaliste et rendu expressif

Par opposition au rendu réaliste qui va chercher à modéliser la physique de l'éclairement, le rendu non-photoréaliste est une approche dont l'objectif est de reproduire les techniques artistiques existantes, ou de créer de nouveaux styles avec les outils que fournissent les ordinateurs. Par exemple, des travaux ont été réalisés pour représenter les silhouettes des objets avec des coups de pinceaux [Northurp et Markosian] (figure 01) ou pour reproduire des styles tels que l'impressionnisme ou l'expressionnisme à partir de photographies [Hertzmann] (figure 02). [Praun et al.] ont aussi créés un rendu basé sur l'utilisation de hachures (figure 03).

Depuis quelques années, l'objectif du rendu non-photoréaliste a un peu changé : on ne cherche plus a reproduire des techniques artistiques, mais on se sert de ces outils pour mettre en valeur certaines informations contenues dans la scène, d'où le terme « rendu expressif ». Les données à mettre en avant (forme, matériaux, éclairement, sémantique, etc) sont différentes suivant l'application que l'on veut obtenir et le public auquel on s'adresse. On va par exemple accorder beaucoup d'importance au style, sans trop se préoccuper des détails, si on veut montrer des résultats attractifs au grand public. D'un autre coté, on veut que tous les détails apparaissent clairement devant des spécialistes.

Parmi les principaux thèmes abordés dans ce domaine, beaucoup de travaux ont été réalisés pour détecter les lignes qui communiquent précisément et efficacement la forme sur des objets tridimensionnels. Cette question est très difficile car il s'agit de distinguer les lignes importantes de celles qui ne le sont pas (figure 04). La méthode la plus simple est la détection des silhouettes : les points qui délimitent les parties visibles de celles qui ne le sont pas. Les contours suggestifs de [Decarlo et al.] permettent d'extraire un plus grand nombre de lignes caractéristiques. Ils utilisent des points de vue proches pour prolonger les silhouettes et montrer plus de détails. Leur méthode est néanmoins coûteuse et possède quelques défauts, notamment sur les objets animés sur lesquels des lignes peuvent apparaître brutalement. Les crêtes et vallées [Ohtake et al.] permettent aussi d'obtenir des informations supplémentaires. L'avantage est qu'elles ne dépendent pas du point de vue de l'observateur et peuvent donc être calculées une fois pour toutes. Néanmoins, elles sont limitées car elles n'apportent pas certaines informations essentielles comme les silhouettes. Plus récemment, [Judd et al.] ont mis au point une méthode de détection donnant des résultats prometteurs : la forme de l'objet est très clairement définie avec très peu de lignes.

D'autres travaux utilisent la lumière pour représenter la forme. C'est le cas de [Gooch et al.] qui, en plus d'afficher les silhouettes, se sert de couleurs froides et chaudes pour visualiser plus facilement l'orientation de la surface sur des objets techniques (figure 05). D'autres modifient la direction de la lumière pour mettre en valeur tous les détails [Rusinkiewicz et al.] (figure 06).

Illustration

Les premiers travaux que nous avons effectués concernent les illustrations. Nous avons mis en place des méthodes permettant de simuler le papier sur lequel dessiner, puis un rendu reproduisant l'effet de l'aquarelle.
La méthode simple pour simuler l'effet papier est d'appliquer et de combiner une texture directement avec l'image obtenue après le rendu. Le problème engendré par cette technique est que lorsque la scène est animée, la texture de papier reste fixe. Des effets de glissement entre la scène et la texture apparaissent : c'est l'effet « rideau de douche ». Les « dynamic canvas » de [Cunzi et al.] représentent une solution partielle à ce problème. Une fonction de transfert prenant en paramètre les coordonnées (3D) de la caméra et retournant des coordonnées (2D) de texture est utilisée pour faire bouger la texture de papier de manière cohérente en même temps que la caméra.
De plus, lorsque l'utilisateur avance (resp. recule), des détails sont ajoutés (resp. enlevés) de la texture de manière à ce qu'on ait toujours l'impression que le papier reste le même (figure 07).
Bien que l'effet de glissement soit partiellement résolu, il persiste, notamment lorsque les scènes contiennent plusieurs objets. Une extension, les « dynamic 2D patterns » de [Breslav et al.], a donc été mise en place pour le réduire. Des patchs de texture sont appliqués sur les objets de façon à ce qu'ils puissent bouger indépendamment les uns des autres. Losque la caméra se déplace, des déformations locales sont appliquées sur chacun des patchs pour améliorer la cohérence temporelle et donner l'impression que les textures sont véritablement « collées » sur les objets (figure 08).

Ces effets de papiers peuvent alors être utilisés comme support pour des stylisations qui reproduisent des techniques artistiques. C'est ce qu'ont fait [Bousseau et al.] en simulant un effet d'aquarelle (figures 09 et 10). Leur méthode consiste à appliquer plusieurs effets consécutifs (figure 11) : dans un premier temps, ils simplifient les couleurs de l'image en appliquant une segmentation et un filtre morphologique. Des ondulations sont appliquées aux régions de couleur. Les contours des objets sont ensuite calculés et ajoutés pour simuler les traits au crayon. Les effets de dispersion et de pigmentation sont créés avec des textures plus ou moins bruitées qui sont combinées avec l'image. Enfin, le résultat est posé sur un support avec les méthodes décrites précédemment, de manière à ce qu'on ait l'impression que le dessin soit fait sur une feuille de dessin.

Visualisation et exploration

Certains de nos travaux ont aussi été réalisés dans le but de visualiser ou d'explorer une scène. Il ne s'agit alors plus de simuler les techniques artistiques, mais plutôt d'essayer de mettre en valeur certains aspects de la scène (distances, formes, matériaux, etc). Avant tout, il est important de connaître le principe du « Toon shading » qui est une technique de rendu permettant de créer un effet cartoon. Le calcul de l'intensité de la lumière diffuse sur un point de la surface d'un objet se fait très simplement en utilisant la direction de la lumière et la normale à la surface. Il suffit de prendre le produit scalaire de ces 2 vecteurs puis de tronquer la valeur obtenue entre 0 et 1 pour obtenir l'intensité lumineuse. Pour un éclairage diffus simple, il suffit d'appliquer directement cette valeur en chacun des points. On peut voir cela comme une bande de niveaux de gris qui va du noir (pour la valeur 0) au blanc (pour la valeur 1) en passant par toutes les valeurs de gris intermédiaires (figure 12). Pour créer un effet cartoon, il suffit de modifier cette bande pour y mettre les couleurs que l'on veut. Dans l'exemple, nous avons pris 4 couleurs de bleus, séparées par des transitions douces. Lorsqu'un objet est éclairé en utilisant cette nouvelle bande, on perçoit très clairement les transitions entre les différentes régions. [Barla et al.] ont étendus cette méthode en ajoutant une seconde dimension (le détail) à cette bande de couleurs. Le choix de la couleur ne se fait alors plus simplement avec l'intensité lumineuse, mais prend en compte une autre caractéristique de la scène. Dans les exemples, c'est la profondeur et l'orientation de la surface qui sont utilisées (figures 13 et 14), mais cela pourrait tout aussi bien être une autre caractéristique. On peut alors percevoir beaucoup plus facilement les objets lointains des objets proches, ou montrer les régions éclairées par une lumière arrière.

Un autre champ que nous sommes en train d'explorer concerne le dessin à base de lignes sur des scènes 3D. L'idée consiste à calculer une carte décrivant les informations de forme des objets, puis de l'utiliser pour calculer le rendu final ; l'idée principale étant que les informations de forme soient représentées quel que soit le type de rendu. Le principe est d'extraire des informations à partir d'un objet 3D (courbures, directions de courbures, etc) puis de créer l'image qui correspond (figure 15). On peut alors calculer le rendu en espace image en utilisant la carte d'information.
Les différents rendus que nous avons mis en place montrent la flexibilité de la méthode (figure 16) : dessin de lignes (en utilisant directement la carte), dessin de type cartoon en utilisant la méthode de [Barla et al.] dans lesquel l'information contenue dans la carte représente la valeur de détail, et un rendu exagéré, utilisant le principe de [Rusinkiewicz et al.], qui va créer une lumière rasante seulement dans les zones pertinentes (celles qui vont révéler la forme).

Conclusion et travaux futurs

Dans cet article nous vous avons présentés de nouvelles approches permettant de simuler des effets tels que le papier ou l'aquarelle, une extension du Toon-shading ou encore le dessin à base de lignes. Nous avons montré que le rendu expressif représentait un potentiel d'illustration naturel, mais aussi un outil d'expression et de description. Parmi les travaux que nous aimerions mener dans le futur, il serait par exemple intéressant de représenter efficacement les incertitudes (utiliser des rendus différents pour les données sûres et incertaines). Nous pourrions aussi utiliser le rendu expressif pour représenter les matériaux (pierres, tissus, métaux, etc), sachant qu'il existe des relations étroites entre la lumière, la forme et les matériaux dont les objets sont composés. Enfin, nous pourrions mettre en oeuvre des techniques pour mettre en valeur des informations sémantiques dans les scènes archéologiques comme l'âge des bâtiments, les distances qui les séparent ou encore les fonctions et origines des constructions. Un des problèmes majeur qui intervient alors est la visualisation concurrente : il faudra trouver un moyen de visualiser des données hétérogènes dans une même scène sans complexifier la recherche des informations par l'utilisateur.

Bibliographie

Northrup J. D. et L. Markosian. (2000) : Artistic silhouettes: a hybrid approach, in : NPAR '00: Proceedings of the 1st international symposium on Non-photorealistic animation and rendering, 31-37

DeCarlo D. et A. Santella. (2002) : Stylization and abstraction of photographs, in : SIGGRAPH '02: Proceedings of the 29th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, 769-776

Cunzi M. J. Thollot, S. Paris, G. Debunne, J.D. Gascuel et Fr. Durand. (2003) : Dynamic Canvas for Immersive Non-Photorealistic Walkthroughs, in : Proc. Graphics Interface

Breslav S, K. Szerszen, L. Markosian, P. Barla et J. Thollot. (2007) : Dynamic 2D patterns for shading 3D scenes, in : ACM Trans. Graph., 20

Gooch A., Br. Gooch, P. Shirley et E. Cohen. (1998) : A non-photorealistic lighting model for automatic technical illustration, in : SIGGRAPH '98: Proceedings of the 25th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, 447-452

DeCarlo D., A. Finkelstein, Sz. Rusinkiewicz et A. Santella. (2003) : Suggestive contours for conveying shape, in : ACM Trans. Graph., 848-855

Rusinkiewicz Sz., M. Burns et D. DeCarlo. (2006) : Exaggerated shading for depicting shape and detail, in : ACM Trans. Graph., 1199-1205

Bousseau A., M. Kaplan, J. Thollot et Fr. Sillion. (2006) : Interactive watercolor rendering with temporal coherence and abstraction, in : International Symposium on Non-Photorealistic Animation and Rendering (NPAR)

Barla P., J. Thollot et L. Markosian. (2006) : X-Toon: An extended toon shader, in : International Symposium on Non-Photorealistic Animation and Rendering (NPAR)

Judd T., Fr. Durand et Edw. Adelson. (2007) : Apparent ridges for line drawing, in : ACM Trans. Graph., 19

Hertzmann A. (1998) : Painterly rendering with curved brush strokes of multiple sizes, in : SIGGRAPH '98: Proceedings of the 25th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, 453-460

Ohtake Y., A. Belyaev et H.P. Seidel. (2004) : Ridge-valley lines on meshes via implicit surface fitting, in : ACM Trans. Graph., 609-612

Légendes

01 : Artistic Silhouettes [Northup and Markosian].

02 : Painterly Rendering [Hertzmann].

03 : Real-time hatching [Praun et al.].

04 : De gauche à droite : objet original, silhouettes, contours suggestifs [DeCarlo et al.], crêtes et vallées [Ohtake et al.], crêtes apparentes [Judd et al.].

05 : Illustration d'objets techniques [Gooch et al.].

06 : Rendus exagérés [Rusinkiewicz et al.].

07 : Dynamic Canvas [Cunzi et al.].

08 : Dynamic 2D Patterns [Breslav et al.].

09 : Rendu aquarelle [Bousseau et al.] sur une photographie (avant et après).

10 : Rendu aquarelle [Bousseau et al.] sur une scène 3D (avant et après).

11 : Principe du rendu aquarelle [Bousseau et al.].

12 : Â gauche : éclairage diffus. Â droite : effet cartoon. Rendus et bandes de couleurs respectives.

13 : X-Toon [Barla et al.] avec la profondeur comme valeur de détail.

14 : X-Toon [Barla et al.] avec l'orientation de la surface comme valeur de détail.

15 : Principe du dessin à base de lignes.

16 : Rendus obtenus avec le dessin à base de lignes. De gauche à droite : lignes, cartoon couleur et noir et blanc avec leurs textures X-Toon respectives, rendu exagéré.