

Rapport à mi-parcours

SHOW : Structuration et Hiérarchisation pour la Visualisation

1 Liste des équipes impliquées

- ARTIS, GRAVIR-IMAG INRIA, Montbonnot,
- IPARLA, INRIA Futurs, Bordeaux,
- ISA-ALICE, LORIA, Nancy,
- REVES, INRIA Sophia-Antipolis, Nice.

2 Liste des participants au 1/4/05

Pour les doctorants, préciser la date de début de thèse et le type de financement, pour les post-doctorants, préciser la date de début de travail dans le projet et le type de financement. Les statuts doivent être précis par exemple Maître de Conférence

- ARTIS :
 - Sillion, François, ARTIS, Directeur de Recherche, 10 %.
 - Soler, Cyril, ARTIS, Chargé de Recherche, 50 %.
 - Holzschuch, Nicolas, ARTIS, Chargé de Recherche, 30 %.
 - Martinet, Aurélien, ARTIS, Doctorant financé par l'ACI « Masses de Données » depuis le 1^{er} octobre 2003, 100 %.
- IPARLA :
 - Schlick, Christophe, IPARLA, Professeur, 10 %.
 - Granier, Xavier, IPARLA, Chargé de Recherche, 40 %.
 - Reuter, Patrick, IPARLA, Post-doctorant, 50 %.
 - Boubekeur, Tamy, IPARLA, Doctorant, 50 %.
- ISA-ALICE :
 - Levy, Bruno, ISA-ALICE, Chargé de Recherches, 20 %.
 - Ray, Nicolas, ISA-ALICE, Ingénieur, 20 %.
 - Li, Wan Chiu, ISA-ALICE, Doctorant, 20 %.
 - Toledo, Rodrigo, ISA-ALICE, Doctorant, 20 %.
 - Lecot, Gregory, ISA-ALICE, Doctorant, 20 %.
- REVES :
 - Drettakis, George, REVES, Directeur de Recherche, 15 %.
 - Tsingos, Nicolas, REVES, Chargé de Recherches, 5 %.
 - Duguet, Florent, REVES, Doctorant, 30 %.

3 Changements significatifs intervenus dans le projet

Le projet a donné lieu au recrutement d'un doctorant, financé par l'ACI « Masses de Données », Aurélien Martinet, sur la période 2003-2006, et attribué à l'équipe ARTIS. Le recrutement d'un post-doctorant, attribué à l'équipe IPARLA pour l'année 2004-2005 était initialement

prévu, mais a finalement été annulé par le CNRS pour raison budgétaire. Ce poste a ainsi été redemandé, et obtenu, dans le cadre de la campagne 2005 avec prise de fonction au 1er septembre 2005. Le recrutement du candidat est en cours.

L'équipe ISA est en cours de réorganisation. Elle se divise en plusieurs équipes de recherche ; dans le cadre du projet SHOW, la coopération se poursuivra avec le futur projet ALICE.

4 Résumé des principales avancées

Le projet SHOW travaille sur la structuration et la hiérarchisation de grandes masses de données géométriques en vue de leur visualisation. Ces données géométriques peuvent provenir par exemple du résultat d'un scanner 3D (il s'agit alors souvent du modèle 3D d'une statue) ou bien d'une structure géométrique de grande taille, par exemple le modèle 3D d'un immeuble, modélisé avec tous ses meubles. Le projet SHOW travaille sur ces deux sources de données. Notre objectif est de pouvoir travailler avec ces données, de les rendre utilisables par d'autres applications (visualisation, manipulation, simulation). Dans ce but, nous voulons les hiérarchiser, pour pouvoir en fournir une version simplifiée.

4.1 Structuration et visualisation de nuages de points

Lorsqu'on utilise un scanner 3D, les données disponibles en entrée sont essentiellement un nuage de points, non structurés. Les travaux menés dans le cadre de l'ACI consistent à développer une représentation adaptée et hiérarchique de ces nuages de points, qui permette ensuite de les utiliser pour la simulation ou la visualisation, sans perte de qualité.

C'est dans ce domaine qu'ont travaillé les équipes IPARLA et REVES. Leur travaux ont débouché sur :

- Plusieurs méthodes de structuration et d'affichage interactif de nuages de points. L'une d'elle, en particulier, a été développée pour l'affichage interactif sur de petits terminaux mobiles ayant une faible puissance de calcul (PDA).
- Deux méthodes de reconstruction de surfaces implicites à partir de grands ensembles de points non-structurés :
 - d'une part une méthode de reconstruction multi-échelle, permettant de varier la qualité de la reconstruction de la surface en fonction des besoins,
 - d'autre part une méthode de reconstruction efficace, en $O(N)$, où N est le nombre de points, adaptée à des distributions de points qui ne sont pas uniformes. Dans ce domaine, les méthodes existantes étaient en $O(N^3)$, et nécessitent une distribution de points quasi-uniforme.
- Une méthode de reconstruction de surfaces de subdivision à partir d'un grand ensemble de points, basée sur une triangulation locale.

Les méthodes d'affichage de nuages de points ont naturellement des applications dans le domaine de l'héritage culturel et de l'archéologie. Dans ces domaines, il est en effet nécessaire de stocker l'ensemble des données géométriques, même à petite échelle, pour pouvoir représenter les effets de surface (forme du marbre, empreinte de l'outil). En même temps, pour un artefact archéologique de grande taille, comme une statue, l'ensemble de ces données géométriques représente une grande masse de données. Plusieurs publications de l'équipe REVES portent sur ces applications à des données archéologiques.

4.2 Structuration de maillages de grande taille

Les nuages de points de grande taille obtenus à partir, notamment, de scanners 3D, peuvent également être structurés en maillages polygonaux. L’affichage et le traitement des ces maillages polygonaux de grande taille posent de nombreux problèmes, auxquels se sont attaqués les équipes IPARLA et ISA-ALICE.

L’équipe IPARLA a ainsi développé une méthode de création de bandes de triangle, à la volée, qui permettent l’affichage rapide de ces maillages ; les bandes de triangle sont le format idéal pour l’affichage sur les cartes graphiques, mais la génération automatique des ces bandes de triangle est complexe. Ce travail a été effectué en collaboration avec le consortium OpenSG.

D’autre part, l’équipe ISA-ALICE a établi plusieurs méthodes de paramétrisation efficaces, qui permettent ensuite de transférer une partie des propriétés du maillage dans une carte de fonctions, et ainsi d’utiliser les objets complexes dans différentes applications : simulation de l’éclairage, simplification géométrique à l’aide de cartes de normales, édition de maillage...

L’équipe ISA-ALICE a également développé une méthode de paramétrisation globale rendant possible le “Digital Geometry Processing” sur des modèles complexes, y compris lorsque la paramétrisation comporte plusieurs pôles. L’une des applications de cette méthode est la conversion automatique entre une surface triangulée et une surface spline.

Enfin, l’équipe ISA-ALICE a développé une méthode permettant de modifier des maillages en utilisant une ligne polygonale plongée (au sens topologique) dans le maillage.

4.3 Structuration de scènes de grande taille

Un autre axe de recherche du projet SHOW concerne la structuration de scènes de grande taille. On parle ici de modèles 3D comportant un grand nombre d’objets, par exemple un modèle d’un immeuble, divisé en de nombreuses pièces, chacune avec son mobilier. Le plus souvent, ces modèles n’ont pas de structure interne, en général parce que cette structure a été perdue lors des traductions d’un format à un autre. Tout ce dont on dispose, c’est d’un ensemble non-ordonné de polygones. Le thème de recherche, poursuivi notamment par l’équipe ARTIS, consiste à retrouver une structure et une information sémantique sur cet ensemble de polygones, pour permettre un traitement efficace, dans différentes applications : visualisation, simulation...

Dans un premier temps, nous avons construit des outils qui permettent de regrouper les polygones. Nous séparons ainsi la scène en ensembles de polygones connexes par arêtes, qui forment les briques de base des algorithmes suivants.

Une première recherche a porté sur la possibilité de regrouper automatiquement ces briques de base en objets, en utilisant une méthode d’apprentissage Bayésienne des statistiques d’assemblage des objets dans la scène.

Cette première recherche a permis d’identifier un problème : les briques possèdent souvent une symétrie (axe de symétrie, plan de symétrie, symétrie de révolution, invariance par rotation) et toute étude de l’assemblage des briques doit pouvoir se faire *modulo* ces symétries. Comme ces symétries ne sont pas disponibles et n’apparaissent pas dans le maillage (*i.e.* le maillage polygonal n’est pas nécessairement symétrique, bien que l’objet le soit), nous avons développé un outil permettant d’identifier les symétries de n’importe quel maillage polygonal. Cet outil est basé sur une analyse des moments d’ordre élevé du maillage, moments calculés de façon efficace en utilisant les harmoniques sphériques. Notre outil identifie dans un premier temps les candidats pour une symétrie (axe, plan), puis vérifie la validité de son hypothèse.

Pour des formes complexes, des détails de petite taille pourraient ne pas être détecté par cette première méthode. Pour cette raison, nous avons également développé une deuxième méthode, qui fonctionne pour des objets formés par assemblage d’objets plus petits. Pour chacun des

objets constituants de base, nous identifions ses symétries, puis nous identifions progressivement les symétries de l'assemblage par une méthode itérative.

Les applications directes de ce travail sont multiples : compression des objets, reparamétrisation et édition conformes aux symétries...

En particulier, nous avons commencé à développer une méthode d'instantiation automatique, qui identifie les assemblages identiques de briques identiques, à leurs symétries près. Nous pensons utiliser cette méthode pour simplifier les scènes géométriques de grande taille, en identifiant toutes les instances d'un même objet dans la scène. Ceci permettrait d'appliquer uniformément le même traitement à ces instances, et aussi d'accélérer l'affichage de la scène.

5 Réalisations obtenues dans le cadre du projet

6 Réunions et Conférences organisées dans le cadre du projet

Le projet a tenu une réunion à Paris, le 27 mai 2004.

7 Soutiens obtenus en liaison avec ce projet

7.1 Postes chercheurs

L'équipe ARTIS a recruté un doctorant dans le cadre du projet SHOW, Aurélien Martinet. Il est financé par l'ACI SHOW, du 1/10/2003 au 30/09/2006.

L'équipe IPARLA est en cours de recrutement d'un post-doctorant sur 12 mois, financé par l'ACI SHOW dans le cadre de la campagne Post-Doctorats 2005 du CNRS. La prise de fonction est prévu au 01/09/2005.

7.2 Postes ingénieurs

7.3 Contrats nationaux

7.4 Contrats européens

7.5 Contrats internationaux hors CEE

7.6 Contrats industriels

7.7 Contacts internationaux dans le cadre de ce projet

L'équipe IPARLA travaille dans le cadre du projet SHOW en collaboration avec l'équipe Imager dirigée par Wolfgang Heidrich, au département informatique de l'University of British Columbia à Vancouver. Cette collaboration qui a permis de créer une équipe associée INRIA, a donné lieu à plusieurs séjours croisés entre des membres des deux équipes, durant les années 2004 et 2005.

L'équipe IPARLA travaille également, dans le cadre du projet SHOW, en collaboration avec Marc Alexa, de la Technische Universität Darmstadt, pour la réalisation de la bibliothèque logicielle OpenSG.

8 Publications obtenues dans le cadre du projet

- **Journaux internationaux :**
 - Periodic Global Parameterization, N. Ray, W. Chiu Li, B. Levy, A. Sheffer et P. Alliez, accepté par *ACM Transactions on Graphics*.
 - ABF++ : Fast and Robust Angle Based Flattening, A. Sheffer, B. Levy, M. Mogilnitsky et A. Bogomyakov, *ACM Transactions on Graphics*, 2005.
 - Flexible Point-Based Rendering on Mobile Devices, F. Duguet et G. Drettakis, *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol. 4, n° 24, juillet-août 2004.
 - An Improved Adjacency Data Structure for Fast Triangle Stripping, P. Reuter, J. Behr et M. Alexa, *Journal of Graphics Tools*, 2005 (à paraître).
 - Scalable implicit surface reconstruction from unorganized point sets using partition of unity radial basis functions, I. Tobor, P. Reuter et C. Schlick, *Journal of Graphical Models*, 2005 (à paraître).
 - Volumetric Reconstruction and Interactive Rendering of Trees from Photographs, A. Reche, I. Martin et G. Drettakis, *ACM Transactions on Graphics (SIGGRAPH Conference Proceedings)*, vol. 23, n° 3, juillet 2004
- **Conférences internationales :**
 - Mesh Editing with an Embedded Network of Curves, W. Chiu Li, B. Levy et J.-C. Paul, actes de *Shape Modeling International 2005*.
 - Generic Mesh Refinement on GPU, T. Boubekur et C. Schlick, actes de *Eurographics/Siggraph Symposium on Graphics Hardware*, 2005.
 - Surface reconstruction with enriched reproducing kernel particle approximation, P. Reuter, P. Joyot, J. Trunzler, T. Boubekur et C. Schlick, actes de *IEEE/Eurographics Symposium on Point-Based Graphics*, 2005.
 - Visualization of point-based surfaces with locally reconstructed subdivision surfaces, T. Boubekur, P. Reuter et C. Schlick, actes de *Shape Modeling International 2005*.
 - Multiresolution reconstruction of implicit surfaces with attributes from large unorganized point sets, I. Tobor, P. Reuter, et C. Schlick, actes de *Shape Modelling International 2004*.
 - Interactive solid texturing using point-based multiresolution representations, P. Reuter, B. Schmitt, A. Pasko, et C. Schlick, actes de *WSCG 2004*.
 - Efficient reconstruction of large scattered geometric datasets using the partition of unity and radial basis functions, I. Tobor, P. Reuter, et C. Schlick, actes de *WSCG 2004*.
 - Point-Based Approach for Capture, Display and Illustration of Very Complex Archeological Artefacts, F. Duguet, G. Drettakis, D. Girardeau-Montaut, J.-L. Martinez et F. Schmitt, actes de *VAST 2004*.
- **Journaux nationaux :**
- **Conférences nationales :**
 - Reconstruction locale et visualisation de nuages de points par surfaces de subdivision, T. Boubekur, P. Reuter, C. Schlick, Actes des 17^e journées de l'AFIG, 2004 (prix du meilleur article).
 - Organisation automatique de scenes 3D, A. Martinet, C. Soler, N. Holzschuch et F. Sillion, Actes des 17^e journées de l'AFIG, 2004 (prix du deuxième meilleur article).
 - Rendu en Portion de Ciel Visible de Gros Nuages de Points 3D, F. Duguet, D. Girardeau-Montaut, Actes des 17^e journées de l'AFIG, 2004.
- **Rapports Techniques et articles soumis, non encore acceptés :**
 - Fast Visualization of Huge Point Clouds, T. Boubekur, F. Duguet et C. Schlick, Rapport Interne, LaBRI, 2005. **Publication commune aux équipes IPARLA et REVES.**
 - Surfel Stripping, T. Boubekur, P. Reuter et C. Schlick, Rapport Interne, LaBRI, 2005.

- Master-Element Vector Irradiance for Large Tessellated Models, Gregory Lecot, Bruno Levy, Laurent Alonso et Jean-Claude Paul.
- Accurately Detecting Symmetries of 3D Shapes, A. Martinet, C. Soler, N. Holzschuch et F. Sillion, soumis au Eurographics Symposium on Geometry Processing.
- Robust Higher-Order Filtering of Points, F. Duguet, F. Durand et G. Drettakis, INRIA Technical Report 5165, Avril 2004
- Level of Detail Continuum for Huge Geometric Data, F. Duguet, C. Henandez Esteban, G. Drettakis et F. Schmitt, INRIA Technical Report 5552, Avril 2005