Génération et édition de textures géométriques représentées par des ensembles de points Soutenance de thèse

François Duranleau

Dép. d'informatique et de recherche opérationnelle



23 janvier 2009

Jury

Neil F. Stewart président-rapporteur

Pierre Poulin
directeur de recherche

Victor Ostromoukhov

Mathias Paulin examinateur externe

Abraham Broer représentant du doyen de la FAS



Plan de la présentation

- 1 Introduction
- 2 Les points
- 3 Génération de textures géométriques
- 4 Représentation multirésolution
- 5 Conclusion et travaux futurs



Plan de la présentation

- 1 Introduction
- 2 Les points
- 3 Genération de textures géométriques
- 4 Representation multirésolution
- 5 Conclusion et travaux futurs













Détails géométriques



Objet



Textures géométriques

Forme

Détails



Détails géométriques



Objet



Textures géométriques

=

Forme

Détails





Détails géométriques



Objet



Forme

Textures géométriques

Détails







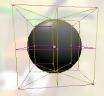


Maillages





Maillages



NURBS

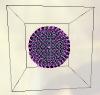




Maillages



NURBS



Subdivision



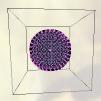




Maillages



NURBS



Subdivision

$$x^2 + y^2 + z^2$$

$$=$$
0

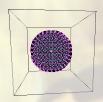
Implicite



Maillages



NURBS



Subdivision

$$x^2 + y^2 + z^2$$

$$=$$
0

Implicite



Volumétrique

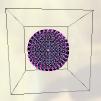




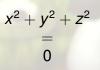
Maillages



NURBS



Subdivision



Implicite



Volumétrique

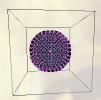




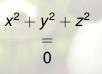
Maillages



NURBS



Subdivision



Implicite



Volumétrique



Points

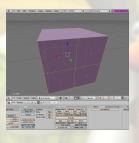


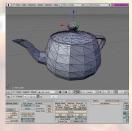
- Pas d'information de connectivité
- Structures simples
- Intéressant pour découpage, jonction, rééchantillonnage

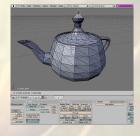




Blender, Maya, XSI, 3ds Max...







- Blender, Maya, XSI, 3ds Max...
- Méthodes procédurales

Exemple: systèmes-L

```
w : A
p1 : A -> [&FL!A]////[&FL!A]/////[&FL!A]
p2 : F -> S////F
p3 : S -> FL
p4 : L -> [^^{.-f.+f.-|-f.+f.}]
```





- Blender, Maya, XSI, 3ds Max...
- Méthodes procédurales
- Numérisation 3D







- Blender, Maya, XSI, 3ds Max...
- Méthodes procédurales
- Numérisation 3D
- Génération



- Blender, Maya, XSI, 3ds Max...
- Méthodes procédurales
- Numérisation 3D
- Génération





- Blender, Maya, XSI, 3ds Max...
- Méthodes procédurales
- Numérisation 3D
- Génération



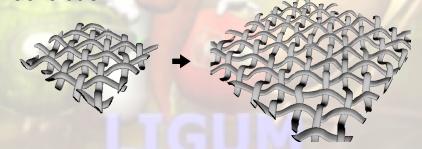


- Blender, Maya, XSI, 3ds Max...
- Méthodes procédurales
- Numérisation 3D
- Génération





- Blender, Maya, XSI, 3ds Max...
- Méthodes procédurales
- Numérisation 3D
- Génération





- Blender, Maya, XSI, 3ds Max...
- Méthodes procédurales
- Numérisation 3D
- Génération
- Édition



- Blender, Maya, XSI, 3ds Max...
- Méthodes procédurales
- Numérisation 3D
- Génération
- Édition





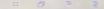




- Blender, Maya, XSI, 3ds Max...
- Méthodes procédurales
- Numérisation 3D
- Génération
- Édition multirésolution







- Blender, Maya, XSI, 3ds Max...
- Méthodes procédurales
- Numérisation 3D
- Génération
- Édition multirésolution











- Blender, Maya, XSI, 3ds Max...
- Méthodes procédurales
- Numérisation 3D
- Génération
- Édition multirésolution





Contributions

- Algorithme de génération de textures géométriques représentées par des ensembles de points
- Représentation multirésolution pour des ensembles de points

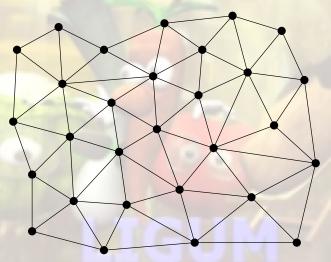


Plan de la présentation

- 1 Introduction
- 2 Les points
- 3 Genération de textures géométriques
- 4 Représentation multirésulution
- 5 Conclusion et travaux futurs



Voisinages







Voisinages-k

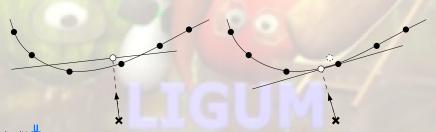




MCM = moindres carrés mobiles



- MCM = moindres carrés mobiles
- Opération fondamentale : la projection, i.e. projeter un point sur la surface implicite définie par un ensemble de points



- MCM = moindres carrés mobiles
- Opération fondamentale : la projection, i.e. projeter un point sur la surface implicite définie par un ensemble de points
- La surface est l'ensemble des points se projetant sur eux-mêmes



- MCM = moindres carrés mobiles
- Opération fondamentale : la projection, i.e. projeter un point sur la surface implicite définie par un ensemble de points
- La surface est l'ensemble des points se projetant sur eux-mêmes
- La surface est lisse

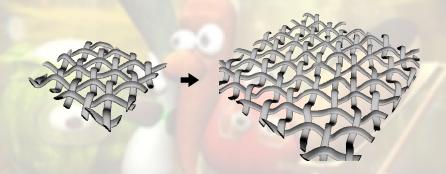


Plan de la présentation

- 1) Introduction
- 2 Les points
- 3 Génération de textures géométriques
 - Algorithme
 Résultats
 Discussions et extensions
- 4 Représentation multirésolution
- 5) Conclusion entraval attuturs

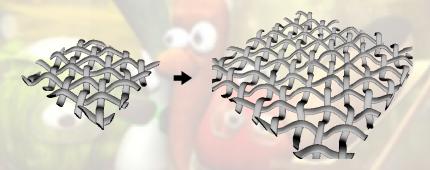


Génération de textures géométriques





Génération de textures géométriques



VMV 2006



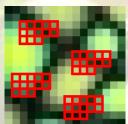
Génération de textures (2D)





Génération de textures (2D)

Échantillon



Génération



- paramétrique
- par texels
 - multirésolution
 - recherche de voisinage
 - optimisation
- par patch
- analyse structurale



Génération de textures (2D)

Échantillon



Génération



- paramétrique
- par texels
 - multirésolution
 - recherche de voisinage
 - optimisation
- par patch
- analyse structurale

















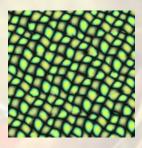




- mélange en dégradé
- programmation dynamique
- coupe de graphes

- tuiles de Wang
- remplissage hybride
- déformation







- Meilleure préservation des structures
- Moins de divergence



Travaux antérieurs

- Cartes d'élévation, images de géométrie [Wei-Levoy 01] [Ying+ 01] [Lai+ 05] [Nguyen+ 05]
- Génération volumétrique [Bhat+ 04] [Lagae+ 05]
- Manipulation de surfaces

```
[Sharf+ 04] [Park+ 05]
[Zelinka-Garland 06] [Zhou+ 06]
```



Travaux antérieurs

- Cartes d'élévation, images de géométrie [Wei-Levoy 01] [Ying+ 01] [Lai+ 05] [Nguyen+ 05]
- Génération volumétrique [Bhat+ 04] [Lagae+ 05]
- Manipulation de surfaces

```
Sharf+ 04] [Park+ 05]
[Zelinka-Garland 06] [Zhou+ 06]
```

(maillages)



Travaux antérieurs

- Cartes d'élévation, images de géométrie [Wei-Levoy 01] [Ying+ 01] [Lai+ 05] [Nguyen+ 05]
- Génération volumétrique [Bhat+ 04] [Lagae+ 05]
- Manipulation de surfaces [Sharf+ 04] [Park+ 05] [VMV 2006] (points)

[Zelinka-Garland 06] [Zhou+ 06]



Plan de la présentation

- 1) Introduction
- 2 Les points
- 3 Génération de textures géométriques Algorithme
 - Discussions et extensions
- 4 Représentation multirésolution
- 5 Conclusion et la avaix tuturs



- Ensembles de points
 - → couper-coller trivial (vs. maillages)
- Champs de distance pour la comparaison
 - → métrique triviale et efficace à évaluer
- Génération par patch
 - → structures, divergence



- Ensembles de points
 - → couper-coller trivial (vs. maillages)
- Champs de distance pour la comparaison
 - → métrique triviale et efficace à évaluer
- Génération par patch
 - → structures, divergence



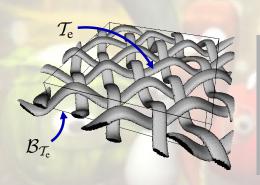
- Ensembles de points
 - → couper-coller trivial (vs. maillages)
- Champs de distance pour la comparaison
 - → métrique triviale et efficace à évaluer
- Génération par patch
 - → structures, divergence

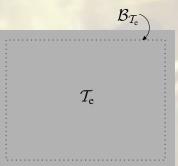


- Ensembles de points
 - → couper-coller trivial (vs. maillages)
- Champs de distance pour la comparaison
 - → métrique triviale et efficace à évaluer
- Génération par patch
 - → structures, divergence



Représentation d'une texture

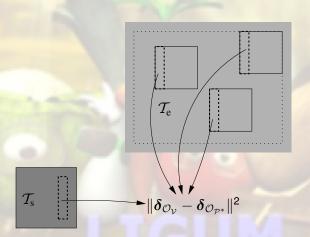


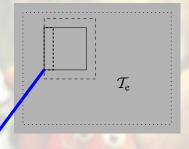




 \mathcal{T}_{s}











Déformation & interpolation



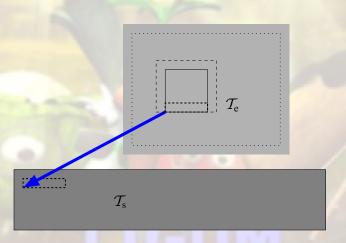


 \mathcal{T}_{s}

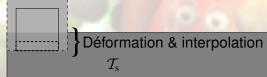


 \mathcal{T}_{s}







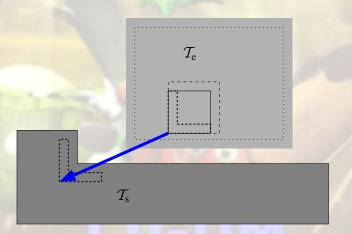




 \mathcal{T}_{s}

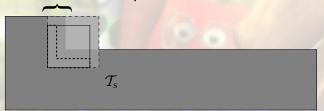






Algorithme

Déformation & interpolation





Algorithme

 \mathcal{T}_{s}



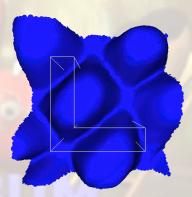


Déformation

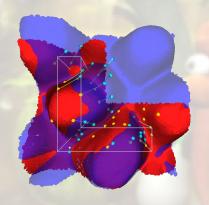
Voisinage



Patch sélectionnée

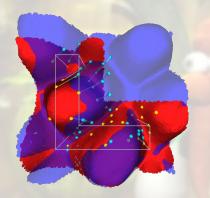


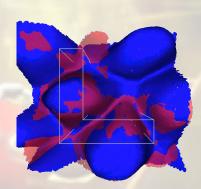
Déformation



- Interpolation par splinesen plaques minces[Wu-Yu 04]
- Doit être automatique
- Algorithme de sélection vorace sur une estimation du coût d'un pairage

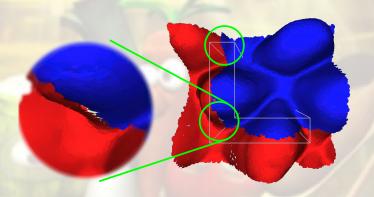
Déformation







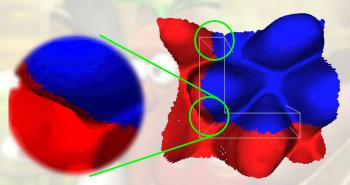
Interpolation



La déformation n'est pas parfaite



Interpolation



Correction avec une interpolation graduelle avec la projection





Plan de la présentation

- 1) Introduction
- 2 Les points
- 3 Génération de textures géométriques
 - Algorithme
 - Résultats
 - Discussions et extensions
- 4 Représentation multirésolution
- 5) Conclusion et travai e tuturs



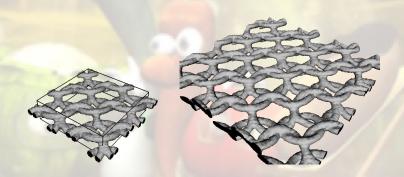
Carte d'élévation



 $33194 \rightarrow 87101$ points, 30.7 sec.



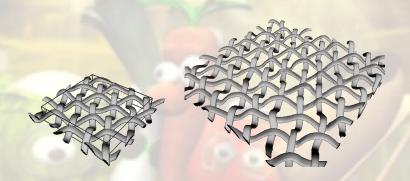
Cotte de mailles



71454 → 197282 points, 38 sec.



Treillis



43592 → 126139 points, 28 sec.



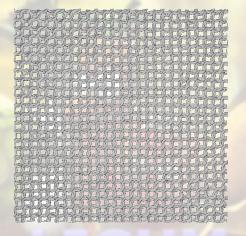
Fleurs



 $37473 \rightarrow 68290$ points, 36 sec.



Grande cotte de mailles



71454 → 2947085 points, 710.8 sec.



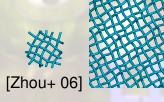
Statistiques

	Nb. points		Temps de génération (sec.)								
	\mathcal{T}_{e}	\mathcal{T}_{s}	Rech.	Déf.	Int.	Autre	Total				
Carte d'élévation	33194	87101	6.7	11.2	10.8	2.0	30.7				
Cotte de mailles	71454	197282	8.5	7.3	18.4	3.8	38.0				
(grande)	71454	2947085	147.5	201.3	316.2	45.8	710.8				
Treillis	43592	126139	5.7	7.7	12.0	2.6	28.0				
Fleurs	37473	68290	11.0	14.9	7.4	2.7	36.0				



Statistiques

	Nb.	points	Temps de génération (sec.)					
	\mathcal{T}_{e}	\mathcal{T}_{s}	Rech.	Déf.	Int.	Autre	Total	
Carte d'élévation	33194	87101	6.7	11.2	10.8	2.0	30.7	
Cotte de mailles	71454	197282	8.5	7.3	18.4	3.8	38.0	
(grande)	71454	2947085	147.5	201.3	316.2	45.8	710.8	
Treillis	43592	126139	5.7	7.7	12.0	2.6	28.0	
Fleurs	37473	68290	11.0	14.9	7.4	2.7	36.0	



7 704 37 838 sommets 15 168 74 792 faces

180 sec.



Plan de la présentation

- 1) Introduction
- 2 Les points
- 3 Génération de textures géométriques
 - Algorithme Résultats
 - Discussions et extensions
- 4 Représentation multirésolution
- 5) Conclusion et travai e tuturs



Discussion

- Génération par patch avec ensembles de points
- Efficace (relativement)
- Topologie arbitraire



Discussion

- Génération par patch avec ensembles de points
- Efficace (relativement)
- Topologie arbitraire
- Limité aux champs aléatoires de Markov (idem pour tous)
- Pas de caractéristiques abruptes



Coupe optimale



- Coupe optimale
- Génération adaptée à la surface d'application [Zhou+ 06]



- Coupe optimale
- Génération adaptée à la surface d'application [Zhou+ 06]
- Études plus approfondies sur les paramètres



- Coupe optimale
- Génération adaptée à la surface d'application [Zhou+ 06]
- Études plus approfondies sur les paramètres
- Équivalence d'une génération par texel?



Plan de la présentation

- 1) Introduction
- Les points
- 3 Cénération de textures géométriques
- 4 Représentation multirésolution
 - Decomposition
 - Reconstruction
 - Résultats
 - Discussion et extension
- 5 Conclusion et travaux futurs



Édition





Décomposition multirésolution pour aider l'édition



Édition





Décomposition multirésolution pour aider l'édition

(maillages ✓ : [Eck+ 95] [Lounsbery+ 97] [Zorin+ 97] [Kobbelt+ 98] [Guskov+ 99] [Lee+ 00] [Guskov+ 00] [Hubeli-Gross 01] ...)



Édition





Décomposition multirésolution pour aider l'édition

Point?



Travaux antérieurs

 "Multirésolution" pour les points : surtout des structures hiérarchiques axées pour le rendu [Pfister+ 00] [Rusinkiewicz+ 00] [Botsch+ 02] [Pajarola 03] [Park+ 04] [Pajarola+ 05] [Wu+ 05] ...



Travaux antérieurs

- Ensembles de points progressifs
 [Fleishman+ 03] [Singh-Narayanna 06]
- Éventails de triangles
 [Linsen-Prautzsch 03]
- Surfaces multiéchelles
 [Pauly+ 06] [Zhang+ 05]



Travaux antérieurs

- Ensembles de points progressifs
 [Fleishman+ 03] [Singh-Narayanna 06]
- Éventails de triangles
 [Linsen-Prautzsch 03]
- Surfaces multiéchelles
 [Pauly+ 06] [Zhang+ 05] + [Boubekeur+ 07]



Réduction du nombre de points





Réduction du nombre de points



GI 2008



Aperçu

Décomposition Reconstruction Niveau L Niveau L lisser. Détails L simplifier enrichir Niveau L - 1 Niveau L - 1 Niveau 1 Niveau 1 lisser, Détails 1 simplifier · enrichir Niveau 0

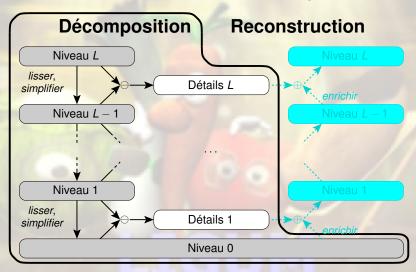


Plan de la présentation

- 1 Introduction
- Les points
- 3 Cénération de textures géométriques
- 4 Représentation multirésolution Décomposition
 - Résultats
 Discussion et extension
 - 5 Conclusion et travaux futurs

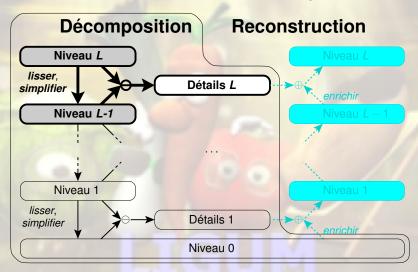


Décomposition



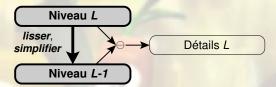


Décomposition

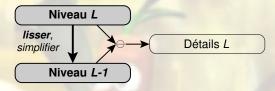




Génération du niveau grossier

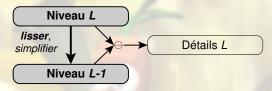






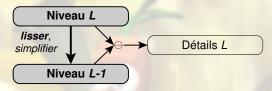
Surfaces MCM ⇒ lissage par projection MCM





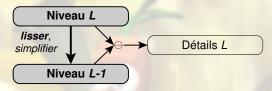
- Surfaces MCM ⇒ lissage par projection MCM
- Simplifier avant la projection





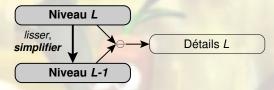
- Surfaces MCM ⇒ lissage par projection MCM
- Simplifier avant la projection
- Similaire à [Pauly+ 06], mais avec un taux de simplification constant





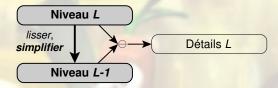
- Surfaces MCM ⇒ lissage par projection MCM
- Simplifier avant la projection
- Similaire à [Pauly+ 06], mais avec un taux de simplification constant





Simplification : même qu'au lissage

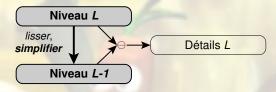




- Simplification : même qu'au lissage
- Mais: <

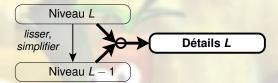






- Simplification : même qu'au lissage
- Mais : 🗐 👵
- Ajout d'un raffinement supplémentaire utilisant des heuristiques basées sur l'analyse des voisinages-k





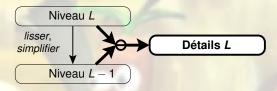






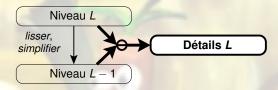
 Difficulté principale : cohérence entre encodage et enrichissement d'échantillonnage





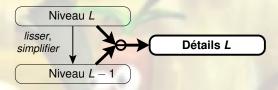
- Difficulté principale : cohérence entre encodage et enrichissement d'échantillonnage
- Les maillages profitent de l'information de connectivité explicite





- Difficulté principale : cohérence entre encodage et enrichissement d'échantillonnage
- Les maillages profitent de l'information de connectivité explicite
- [Linsen-Prautzsch 03]: stockage du plein voisinage-k





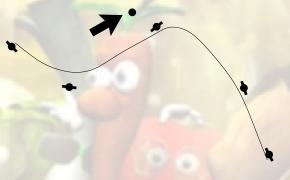
- Difficulté principale : cohérence entre encodage et enrichissement d'échantillonnage
- Les maillages profitent de l'information de connectivité explicite
- [Linsen-Prautzsch 03] : stockage du plein voisinage-k
- Reformulation intrinsèque [Boubekeur+ 07]











Point du niveau L







• Projeter sur le niveau L-1 δ = information du détail géométrique

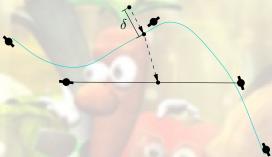






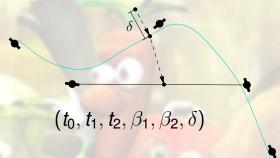
- 2 Trouver un triangle circonscrivant





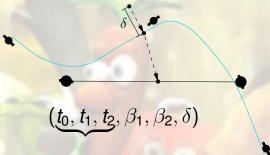
- Trouver un triangle circonscrivant
- Reformuler la projection relativement au triangle





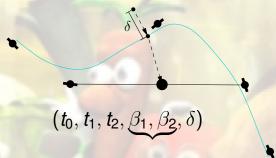
- Trouver un triangle circonscrivant
- Reformuler la projection relativement au triangle





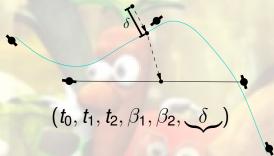
- Trouver un triangle circonscrivant
- Reformuler la projection relativement au triangle





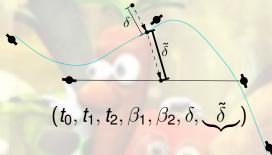
- Trouver un triangle circonscrivant
- Reformuler la projection relativement au triangle





- Trouver un triangle circonscrivant
- Reformuler la projection relativement au triangle





- Trouver un triangle circonscrivant
- Reformuler la projection relativement au triangle

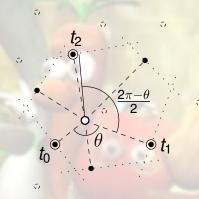




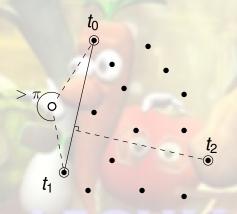






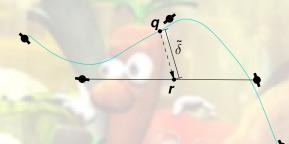


S





Reformulation



• Trouver un point \mathbf{r} sur le triangle tel que $\mathbf{q} = \mathbf{r} + \tilde{\delta} \mathbf{n}(\mathbf{r})$ pour $\tilde{\delta}$ quelconque $(\mathbf{n}(\mathbf{r}) = \text{estimation de normale en } \mathbf{r})$



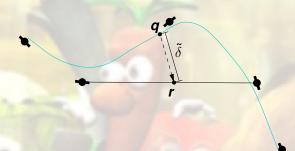
Reformulation



- Trouver un point r sur le triangle tel que $\mathbf{q} = \mathbf{r} + \tilde{\delta} \mathbf{n}(\mathbf{r})$ pour $\tilde{\delta}$ quelconque
- Procédure iterative (détails épargnés)



Reformulation



- Trouver un point r sur le triangle tel que $\mathbf{q} = \mathbf{r} + \tilde{\delta} \mathbf{n}(\mathbf{r})$ pour $\tilde{\delta}$ quelconque
- Procédure iterative
- β_1, β_2 sont calculés à partir de r



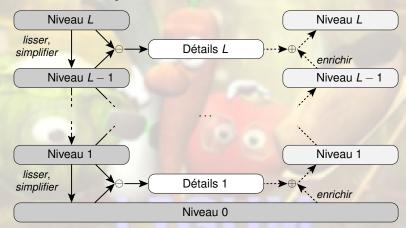
Plan de la présentation

- 1) Introduction
- Les points
- 3 Cénération de textures géométriques
- 4 Représentation multirésolution
 - Décomposition
 - Reconstruction
 - Résultats
 - Discussion et extension
- 5 Conclusion et travaux futurs



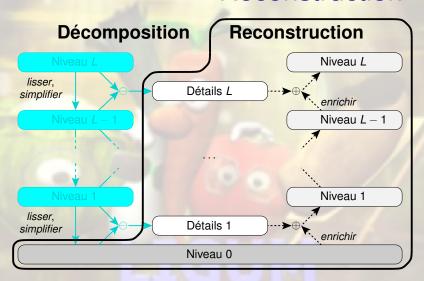
Reconstruction

Décomposition Reconstruction



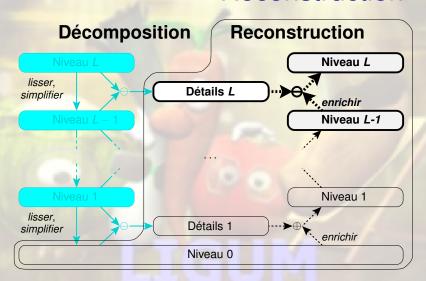


Reconstruction



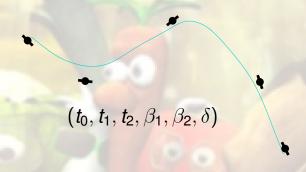


Reconstruction



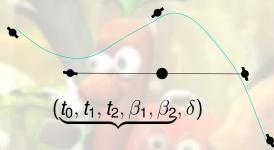


Procédure de reconstruction



LIGUM

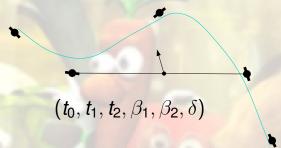
Procédure de reconstruction



Calculer la position de base

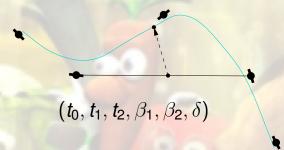






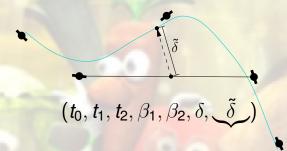
- Calculer la position de base
- 2 Estimer la normale à la position de base



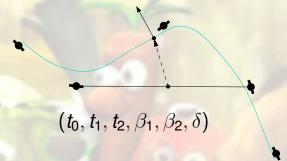


- Calculer la position de base
- Estimer la normale à la position de base
- Calculer l'intersection entre le rayon et la surface



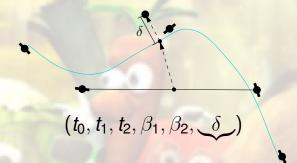


- Calculer la position de base
- Estimer la normale à la position de base
- 3 Calculer l'intersection entre le rayon et la surface (estimation rapide avec $\tilde{\delta}$)



- Calculer la position de base
- Estimer la normale à la position de base
- 3 Calculer l'intersection entre le rayon et la surface
- Estimer la normale à l'intersection





- Estimer la normale à la position de base
- 3 Calculer l'intersection entre le rayon et la surface
- Estimer la normale à l'intersection
- **5** Déplacer par δ

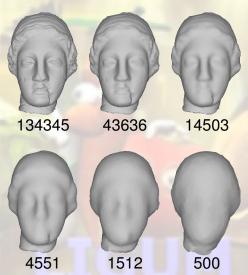


Plan de la présentation

- 1) Introduction
- Les points
- 3 Cénération de textures géométriques
- 4 Représentation multirésolution
 - Reconstruction
 - Résultats
 - Discussion et extension
- 5 Conclusion et travaix futurs



Hygie



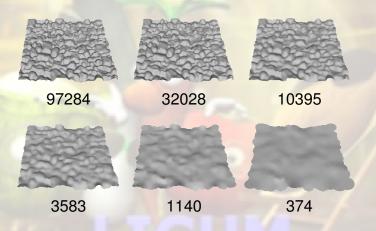
Tatou





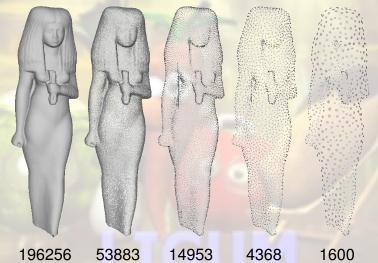


Bosses











Statistiques

	Décomposition	Reconstruction
Hygie	27.4 / 60.1	7.6 / 12.2
Tatou	137.4 / —	9.5 / —
Bosses	17.9 / 36.7	5.0 / 6.1
Isis	39.9 / 67.3	10.5 / 14.4

Nous

I RALLY X

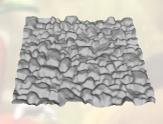
Nous

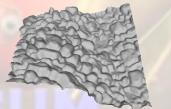
(Bauly x

Déformation









Accentuation et lissage des détails



Plan de la présentation

- 1) Introduction
- Les points
- 3 Cénération de textures géométriques
- 4 Représentation multirésolution
 - Reconstruction
 - Résultats
 - Discussion et extension
- 5 Conclusion et travaux futurs





- Surfaces représentées par points sont flexibles avec des structures de données simples
- Absence d'information de connectivité peut nuire
- Représentation multirésolution par points
 - Vérification de conditions lors de la simplification
 - Détails avec information de connectivité partielle



 Plus économe en mémoire (pour un nombre de niveau suffisamment grand)





- Plus économe en mémoire (pour un nombre de niveau suffisamment grand)
- Traitement d'édition plus rapide (niveaux grossiers), mais les temps de reconstruction nuisent à l'interactivité



- Plus économe en mémoire (pour un nombre de niveau suffisamment grand)
- Traitement d'édition plus rapide (niveaux grossiers), mais les temps de reconstruction nuisent à l'interactivité. Mais...



Extensions

- ... il y a de l'espoir :
 - Multirésolution adaptative [Zorin+ 97]
 - Opérations grandement parallélisables (processeurs multi-cœurs, Cell, processeurs graphiques)
- Place pour améliorer la robustesse des heuristiques
- Encore plus économe?



Plan de la présentation

- 1 Introduction
- 2 Les points
- 3 Genération de textures géométriques
- 4 Representation multirésolution
- **5** Conclusion et travaux futurs





Conclusion

Importance des détails géométriques



Conclusion

- Importance des détails géométriques
- Avantages de la modélisation géométrique par points



Conclusion

- Importance des détails géométriques
- Avantages de la modélisation géométrique par points
- Deux contributions :
 - Génération de textures géométriques
 - 2 Représentation multirésolution



Travaux futurs

- Génération multirésolution
- Compression de textures géométriques [Wei+ 08]
- Génération contrôlable





Travaux futurs

- Génération multirésolution
- Compression de textures géométriques [Wei+ 08]
- Génération contrôlable
- Projection : goulot d'étranglement général
- MCM classique : estimation de plans



Travaux futurs

- Génération multirésolution
- Compression de textures géométriques [Wei+ 08]
- Génération contrôlable
- Projection : goulot d'étranglement général
- MCM classique : estimation de plans

[Guennebaud+ 07-08]



