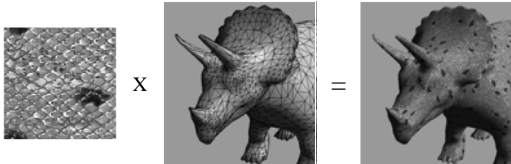


Synthèse et plaquage de textures

Cours de DEA
Jeudi 25 Janvier 2007
Cyril Soler

Rappels sur les textures

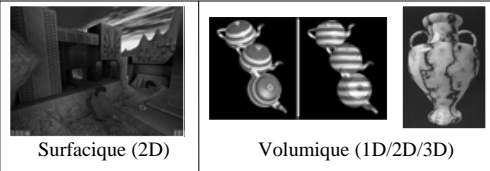
- ✓ Pourquoi texturer ?
 - Ajout d'information visuelle à petit prix
 - Support hardware
 - » interpolation des coordonnées de texture
 - » interpolation des valeurs de couleur
 - » filtrage multi-résolution (*mip-mapping*)
 - » modulation
 - » *texture shaders* (NVidia, ATI)



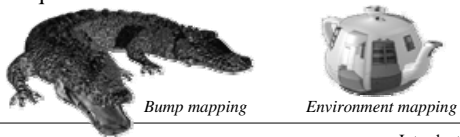
Introduction

Rappels sur les textures

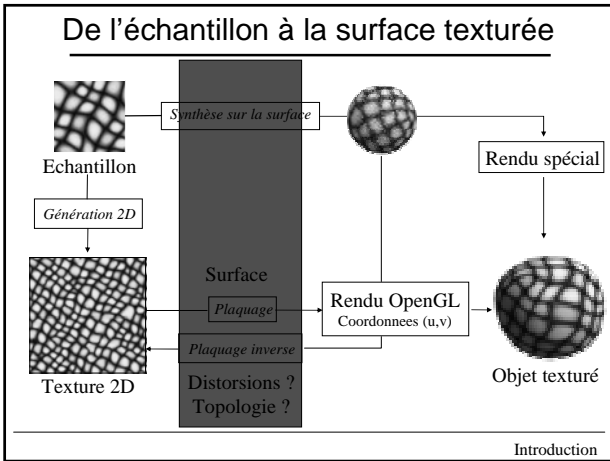
- ✓ Implémentation: $u, (u, v)$, ou (u, v, w) par vertex

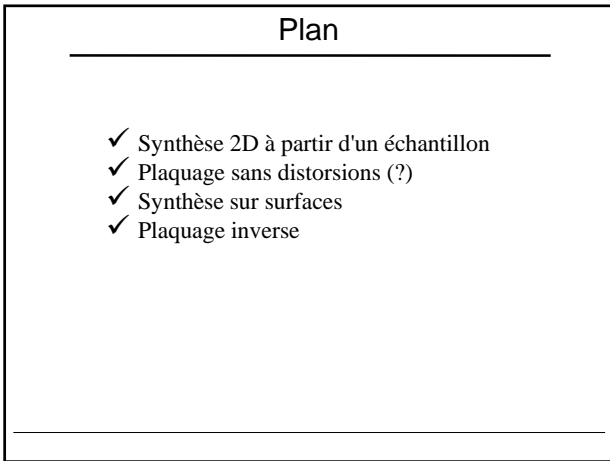


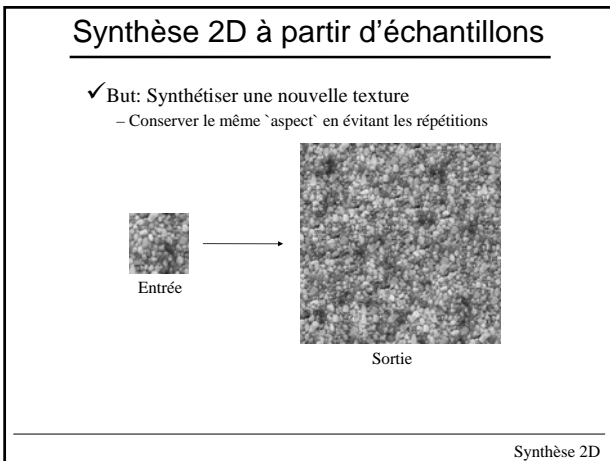
- ✓ Techniques reliées:



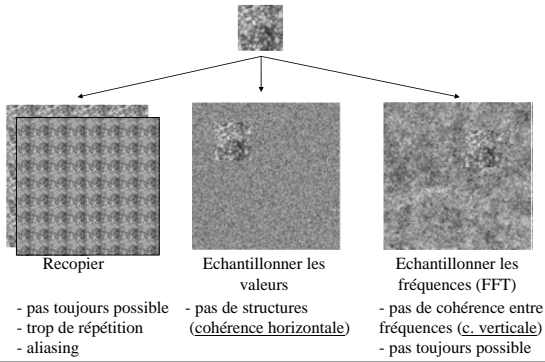
Introduction







Les trucs qui ne marchent pas



Synthèse 2D

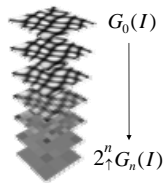
Pyramides de Gauss et de Laplace

✓ Pyramide de Gauss

$$G_i(I) = 2_{\downarrow} [G_{i-1}(I) \otimes g]$$

$$G_0(I) = I$$

g : noyau gaussien
 $2_{\uparrow} 2_{\downarrow}$: opérateurs de sur/sous échantillonnage



✓ Pyramide de Laplace

- Isole les caractéristiques de chaque niveau

$$L_i(I) = G_i(I) - 2_{\uparrow} G_{i+1}(I)$$

Synthèse 2D

Méthode Debonet (Debonet'97) (1/2)

✓ Utilise une pyramide de Laplace

✓ Hypothèse:

Aux résolutions les plus faibles, il existe des régions interchangeables. Seul l'aspect stockastique de la texture dépend de la position de ces régions.



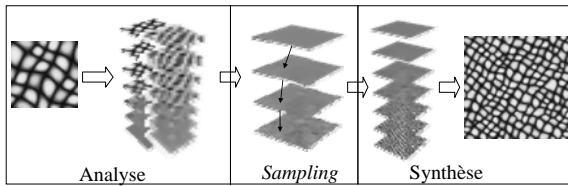
✓ Synthèse:

- construire une nouvelle pyramide de Laplace en imitant celle de l'échantillon
- introduire de l'aléatoire dans le placement des structures.
- re-transformer la pyramide construite en image

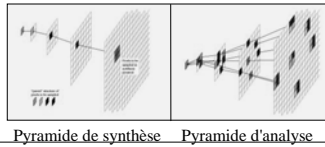
Synthèse 2D

Méthode Debonet (Debonet'97) (2/2)

✓ Algorithme



✓ Sampling



Synthèse 2D

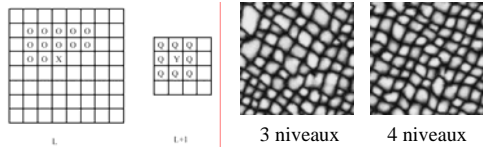
Méthode Wei (Wei'00) (1/2)

✓ Synthèse pixel par pixel (cohérence horizontale)



✓ Version multi-résolutions (cohérence verticale)

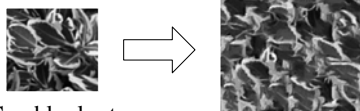
– On utilise une pyramide de Gauss



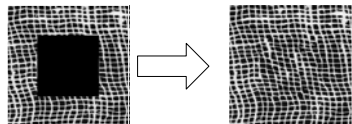
Synthèse 2D

Wei'00 (2/2) Applications

✓ Exemples



✓ Comblent les trous



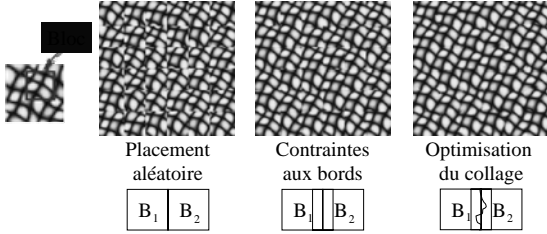
✓ Optimisations

– quantisation de vecteurs

Synthèse 2D

Image Quilting (Efros'01) (1/2)

- ✓ Principe:
 - Collage de blocs sélectionnés au hasard
 - Recollement par une technique adaptée:

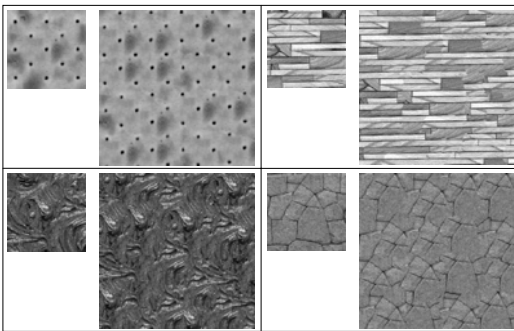


- L'échantillon n'a pas besoin d'être torique

Synthèse 2D

Image Quilting (Efros'01) (2/2)

- ✓ Résultats



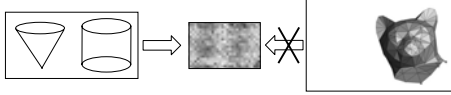
Synthèse 2D

Plan

- ✓ Synthèse 2D à partir d'un échantillon
- ✓ Plaquage sans distorsions (?)
- ✓ Synthèse sur surfaces
- ✓ Plaquage inverse

Plaquage sans distorsion

✓ Equivalent à un dépliage



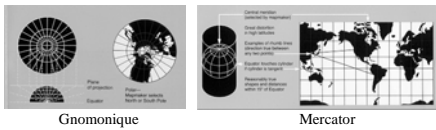
- Pas toujours possible (la surface doit être developpable)
- Problème local

Distorsion

Plaquage sans distorsion

✓ Vérification locale des contraintes:

- Conservent les angles *ou* les distances
- Exemple: Projections cartographiques spécialisées (En géographie)



Gnomonique

Mercator

✓ Dépliage autour d'une courbe

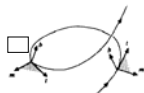
✓ Répartition globale des contraintes:

- Techniques d'optimisation

Distorsion

Courbure (Rappels)

$$X(s) = \begin{bmatrix} x(s) \\ y(s) \\ z(s) \end{bmatrix}$$



$$t = X' = \frac{dX}{ds}$$

$$m = \frac{X''}{\|X''\|}$$

$$b = t \wedge m$$

s : abscisse curviligne
 t, m, b : repere de Frenet

$$k(s) = \|t'(s)\| \quad \text{Courbure principale}$$

$$\tau(s) = \|b'(s)\| \quad \text{Torsion}$$

$$k = 0 \iff \text{Courbe rectiligne}$$

$$\tau = 0 \iff \text{Courbe plane}$$

Distorsion

Courbes géodésiques sur une surface

✓ Courbes géodésiques

Surface $S(u,v) = \begin{bmatrix} x(u,v) \\ y(u,v) \\ z(u,v) \end{bmatrix}$ $N(u,v) = \frac{dS}{du} \wedge \frac{dS}{dv}$
 $n = \frac{N}{\|N\|}$ Vecteur normal à S

Courbe sur la surface

$C_s = (s \rightarrow X(s))$ $\|d\|$ Courbure géodésique de la courbe
 $t' = (t' \cdot n)n + d$ $d=0$: La courbe est une géodésique

✓ En d'autres termes:

La courbure géodésique en X d'une courbe sur une surface est égale à la courbure (2D) de la projection de cette courbe sur le plan tangent à la surface en X

On en déduit une méthode pour déplier une surface:

On mesure et on conserve la courbure géodésique le long de courbes sur la surface.

Distorsion

Développement local (Bennis'01)

✓ Surface échantillonnée \Rightarrow courbes isoparamétriques

✓ Pour chaque point M:

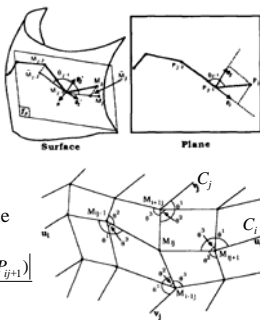
- Projection sur Tp(M)
- Mesure des angles et distances
- Report sur la courbe dépliée

✓ Pareil pour les courbes transverses

✓ Courbes parallèles:

- On ne peut pas tout conserver
- Exemple de mesure de l'erreur le long d'une courbe:

$$E(C_i) = \frac{1}{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} \frac{|d(M_{ij}, M_{ij+1}) - d(P_{ij} - P_{ij+1})|}{d(M_{ij}, M_{ij+1})}$$



Distorsion

Relaxation

✓ Intégration de la courbure dans les deux directions: relaxation

$P_{\theta_{i,j}}^n$: opérateur de conservation des angles

$$M_{ij}^n = \frac{1}{12} \sum_{r=1}^3 \left(P_{\theta_{r-1,j}}^{n-1} + P_{\theta_{r,j-1}}^{n-1} + P_{\theta_{r+1,j}}^{n-1} + P_{\theta_{r,j+1}}^{n-1} \right) (M_{ij}^{n+1})$$

✓ Algorithme:

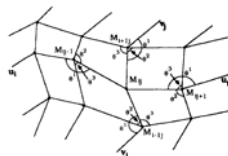
- Itérer jusqu'à ce que

$$\sum_{i,j} D_{sp}(P_{ij}) < \varepsilon$$

avec:

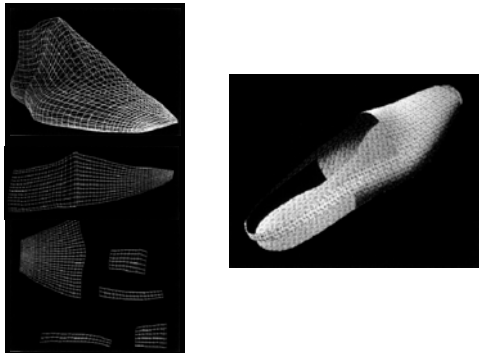
$$D_{sp}(P_{ij}) = \frac{1}{12} \sum_{r=1}^3 d(P_{ij}^n - P_{ij}^{n-1})^2 + \dots$$

(Dispersion)



Distorsion

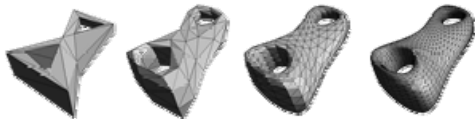
Exemples



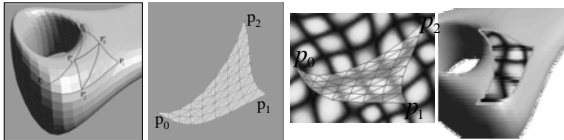
Distorsion

Extension aux surfaces de subdivision

- ✓ On se base sur la définition recursive de la surface



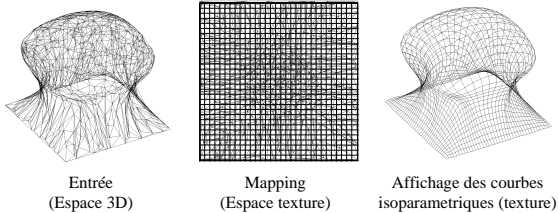
- ✓ Les points d'un niveau sont positionnés par rapport à leur parent dans l'espace texture.



Distorsion

Repartition globale des contraintes

- ✓ Algorithme:
 - Trouver le meilleur plaquage du graphe des sommets qui minimise uniformément la distorsion
 - Les coordonnées de texture de chaque triangle sont celles des points transformés



Distorsion

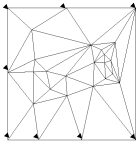
Definition barycentrique (Floater'97)

✓ Expression des contraintes par combinaison convexe

u_i Fixe pour $i = n+1, \dots, N$

$$u_i = \sum_{j=1}^n \lambda_{ij} u_j \quad i = 1, \dots, n$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_{ij} = 1 \quad \text{Combinaison convexe} \quad \lambda_{ii} = 0$$



- On choisit les λ_{ij} pour minimiser la déformation
- On résout le système

$$u_i - \sum_{j=1}^n \lambda_{ij} u_j = \sum_{j=n+1}^N \lambda_{ij} u_j \quad (I - A)u = U$$

» Matrice $I-A$ à diagonale dominante

» Toujours inversible ! ($\rho(A) < 1$). On peut donc aussi résoudre itérativement:

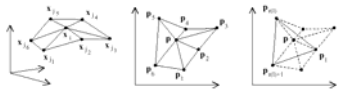
$$u^{n+1} = Au^n + U \quad u^0 = [0, \dots, 0]$$

Distorsion

Definition barycentrique (Floater'97)

✓ Choix des coefficients

- Projection sur le plan tangent
- Choix d'un repère barycentrique



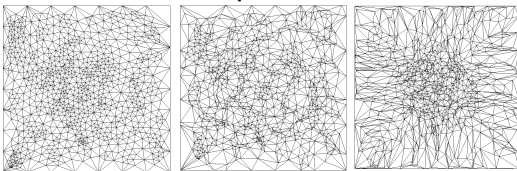
- Calcul des coordonnées: barycentre de 3 points

$$\lambda_{i,j_2} = \frac{\text{Aire}(p, p_1, p_3)}{\text{Aire}(p_1, p_2, p_3)} \quad \lambda_{i,j_1} = \frac{\text{Aire}(p, p_2, p_3)}{\text{Aire}(p_1, p_2, p_3)}$$

$$\lambda_{i,j_3} = \frac{\text{Aire}(p, p_1, p_2)}{\text{Aire}(p_1, p_2, p_3)} \quad \lambda_{i,j} = 0 \quad j \notin \{j_1, j_2, j_3\}$$

Distorsion

Exemples divers



Iso-barycentre

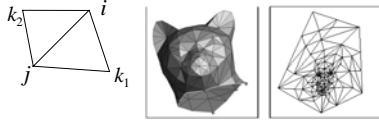
Conservation des distances

Barycentre (3 pts)

Distorsion

Harmonic maps (C.f Eck'95)

✓ Harmonic maps



- On minimise:

$$E_{harm} = \frac{1}{2} \sum_{edge \in \{i,j\}} \kappa_{ij} d(h(P_i), h(P_j))^2 \quad (\text{Energie de distorsion})$$

avec:

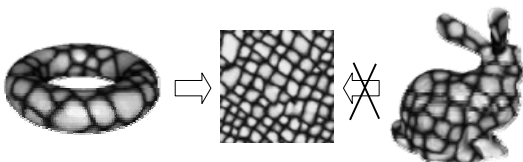
$$\kappa_{ij} = \frac{L_{i,k_1}^2 + L_{j,k_1}^2 - L_{i,j}^2}{\text{Aire}(i, j, k_1)} + \frac{L_{i,k_2}^2 + L_{j,k_2}^2 - L_{i,j}^2}{\text{Aire}(i, j, k_2)}$$

Plaquage inverse

Plan

- ✓ Synthèse 2D à partir d'un échantillon
- ✓ Plaquage sans distorsions (?)
- ✓ Synthèse sur surfaces
- ✓ Plaquage inverse

Synthèse sur surfaces

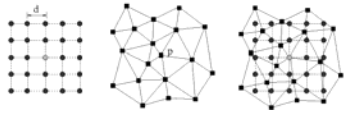


- ✓ Même si on sait minimiser localement les deformations...
...la topologie n'est pas toujours compatible
- ✓ C'est un problème global (pas d'homéomorphisme)
- ✓ Solutions:
 - Synthèse de la texture *in situ* point par point
 - *Quilting* (collage)
 - *Pattern-based texturing* (precalcul des contraintes de collage)

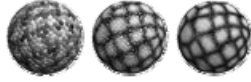
Synthèse surfacique

Synthèse pyramidale (1/2) (Wei'01,Turk'01)

- ✓ Utilisation d'une
 - Pyramide de Gauss
 - Hiérarchie de points



- ✓ Produit une hiérarchie de points colorés



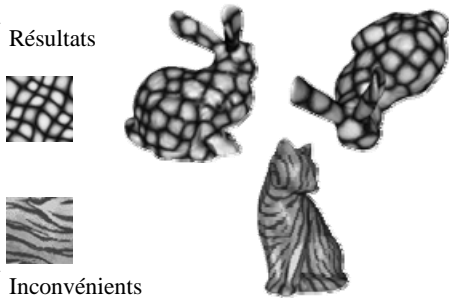
- ✓ Le remplissage utilise un champ de vecteurs
 - Création assistée
 - Parcours le long du champ



Synthèse surfacique

Synthèse pyramidale (2/2) (Wei'01,Turk'01)

- ✓ Résultats



- ✓ Inconvénients

- Ne produit pas une texture exportable
- ⇒ Nécessite un plaquage inverse ou un rendu special

Synthèse surfacique

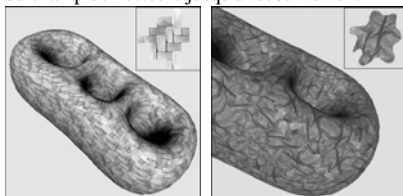
3D quilting : Lapped textures (Praun'00)

- ✓ Entrée:

- Une série de textures pré-découpées selon les discontinuités (utilisateur)
- Un maillage + un champ de vecteurs

- ✓ Algo:

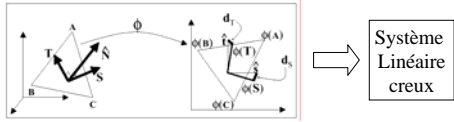
- Des morceaux de texture sont collés dans la direction du champ de vecteurs jusqu'à recouvrement



Synthèse surfacique

3D quilting : Lapped textures (Praun'00)

- ✓ Questions:
 - Plaquage local
 - » Calcul du recouvrement
 - » Optimisation de la déformation

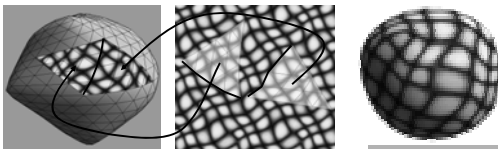


- Rendu
 - » En utilisant le alpha
 - » Par plaquage inverse

Synthèse surfacique

Hierarchical Pattern Mapping (Soler'02)

- ✓ Sélectionner des régions indépendantes dont les bords collent

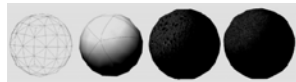


- ✓ Difficultés:
 - chercher les régions qui collent de manière efficace
 - réduire les discontinuités
- ✓ Intérêts
 - Préservation du maillage et de la texture originale
 - Pas d'orientation privilégiée, topologie gérée automatiquement
 - L'information calculée (coord. de textures) est portable

Synthèse surfacique

Pattern texture mapping (Neyret'99)

- ✓ Algorithme:
 - Découper en patches triangulaires réguliers
 - Former des tuiles respectant toutes les contraintes possibles
 - Plaquer chaque tuile



- ✓ Gestion des contraintes:



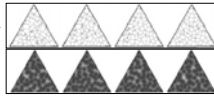
Cas général:
 $n/2$ contraintes: $n + n(n-1) + n(n-1)(n-2)/3$ tuiles.

Synthèse surfacique

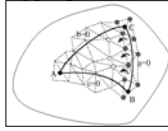
Pattern texture mapping (Neyret'99)

✓ Construction des tuiles

- Algorithmes de Worley, de Perlin
- Dessin à la main.
- Transfert par pyramide ?



✓ Mapping

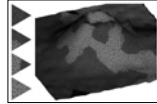


Coordonnées
barycentriques



✓ Exemples

Deux conditions
symétriques



Synthèse surfacique

Plan

- ✓ Synthèse 2D à partir d'un échantillon
- ✓ Plaquage sans distorsions (?)
- ✓ Synthèse sur surfaces
- ✓ Plaquage inverse

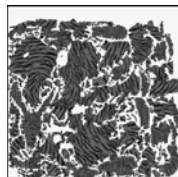
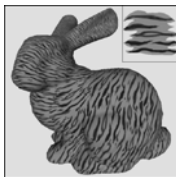
Plaquage inverse

✓ Usage:

- Pour rendre efficace stockage et affichage après synthèse

✓ Algorithme:

- Découper la surface en *patches* P à topologie de disque
- Trouver un plaquage local P→P' qui minimise la distorsion
- Remplir une image au mieux avec les patches P'



Plaquage inverse

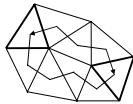
Découpage en régions (Eck'95)

✓ Partitionnement

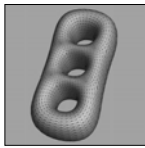
- Choisir un ensemble de graines:
 - 1 - Les régions doivent être homéomorphes à un disque
 - 2 - La frontière entre deux régions est connexe
 - 3 - Une frontière touche 2 ou 3 régions

- Calcul:

- » Distance géodésique discrète



- » Recherche de plus court chemin multi-sources dans un graph → variante de l'algorithme de Dijkstra



1 - surface originale



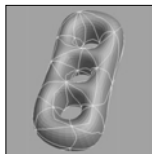
2 - diagramme de Voronoï

Plaquage inverse

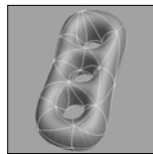
Découpage en régions (Eck'95)

✓ Dernière étape: triangulation de Delaunay

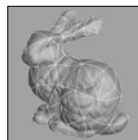
- Utilisation des *harmonic maps* pour
 - » Calculer les trajets entre graines.
 - » Obtenir des trajets plus lisses



3 - triangulation de Delaunay primaire



4 - triangulation après lissage



Plaquage inverse

Références

Synthèse 2D:

- *Multiresolution sampling procedure for the analysis and synthesis of texture images.* (J. Debonet.) Siggraph'97

- *Image quilting for texture synthesis and transfer.* (A.Efros, W.Freeman). Siggraph'00.

Synthèse sur surfaces:

- *Texture Synthesis over Arbitrary Manifold Surfaces* (Li-Yi Wei, Mar Levoy). Siggraph'01

- *Texture Synthesis on Surfaces* (Greg Turk). Siggraph'2001

Plaquage sans distorsions:

- *Piecewise surface flattening for non distorted texture mapping.* (Chakib Bennis, J.M. Vézien, G. Iglésias) Siggraph'91.

- *Parametrization and smooth approximation of surface triangulations.* (Michael S.Floater.)

- *Non distorted texture mapping for sheared triangulated meshes.* (B.Levy, J.L. Mallet). Siggraph'97

Plaquage inverse:

- *A Texture-Mapping Approach for the Compression Of Colored 3D triangulations.* (Soucy Marc, Guy Godinand, Marc Rioux), TheVisual Computer, Vol.12, No.10, 1996, pp.503-514.

Découpage en patches:

- *Multiresolution analysis of arbitrary meshes.* (M.Eck,...). Siggraph'95

Les articles sont tous sur

<http://www-imagis.imag.fr/~Cyril.Soler/DEA/Textures/Papers/>

Références
