

Sommaire intermédiaire

- 1 Introduction
- 2 Numérisation
- 3 Vidéos d'exemple
- 4 Références
- 5 Next step
- 6 Régularisation, analyse de surfaces**
- 7 Remaillage
- 8 Prog1 : OpenGL
- 9 Utilisation avec OpenGL
- 10 Traitement de Géométries ou d'images

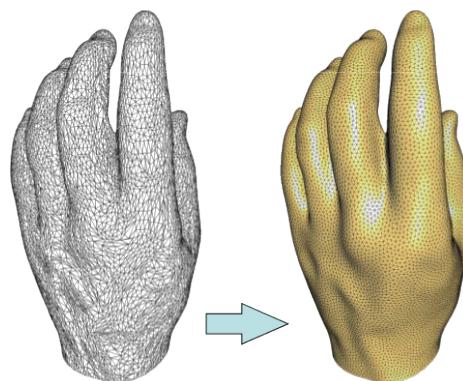
- 11 Programmation Out of Core
- 12 Out-of-Core
- 13 Quelles implémentations ?
- 14 programmation GPU via OpenGL
- 15 OpenGL avancé
- 16 Description des géométries en OpenGL
2.0
- 17 Programmation GPGPU
- 18 WebGL
- 19 Impression 3D
- 20 Conclusions

Sommaire intermédiaire

- 1 Introduction
- 2 Numérisation
- 3 Vidéos d'exemple
- 4 Références
- 5 Next step
- 6 Régularisation, analyse de surfaces
- 7 Remaillage**
- 8 Prog1 : OpenGL
- 9 Utilisation avec OpenGL
- 10 Traitement de Géométries ou d'images

- 11 Programmation Out of Core
- 12 Out-of-Core
- 13 Quelles implémentations ?
- 14 programmation GPU via OpenGL
- 15 OpenGL avancé
- 16 Description des géométries en OpenGL
2.0
- 17 Programmation GPGPU
- 18 WebGL
- 19 Impression 3D
- 20 Conclusions

Si l'on doit utiliser des données numérisées (et donc échantillonées), l'homogénéité de la surface est à assurer.



Quel(s) paramètre(s) dois-je donner à un point P_0 et quel(s) autre(s) au point P_1 (on ne sait pas s'ils sont voisins) ?

Quels triangles sont équilatéraux, de valence 6 ?

Le remaillage (« Remeshing ») veut, depuis un maillage brut, de topologie quelconque, fournir un maillage régulier, de triangles, ou de quadrillatères de structure régulière ou semi-régulière. Il permet également de passer d'une structure triangulaire à une structure quadrilatérale ou mixte. Son intérêt est évident pour l'affichage, les traitements géométriques, la compression, la simulation mécanique (FEM), le placage de texture ou le stockage.

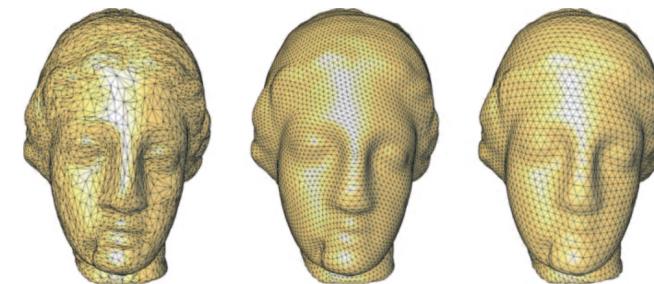
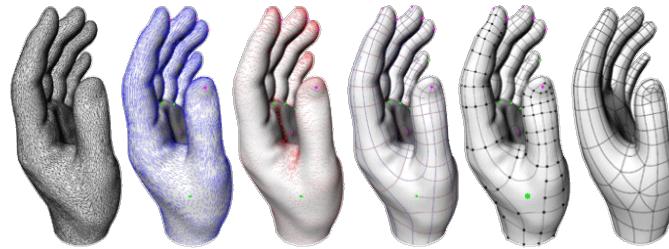


Figure – Maillage original, remaillé semi-régulier, régulier¹

1. P. Alliez (2002), "Interactive Geometry Remeshing", ACM Transactions on Graphics, 21:347-354. ↗ ↘ ↙ ↚ ↛

Remeshing par la courbure

À partir d'un maillage fin et irrégulier d'une main (1), on extrait les directions principales² (2-3, minimales en bleu, maximales en rouge). Puis on trace deux réseaux de lignes tangentes à ces champs de directions, en choisissant l'espacement entre les lignes en fonction de la courbure (4). À partir de ces réseaux, on déduit un nouveau maillage de la surface constitué de quadrillatères (5-6).



2. David Cohen-steiner (2005),

http://interstices.info/jcms/c_15007/calculer-la-courbure-d-un-maillage

36/213 R. Raffin

Prog. graphique & applis indus.

v. 2019 36

Plongement paramétrique

On veut ici « déplier » le maillage discret sur un plan qui constituera un espace paramétrique (discret ou non). On doit également créer une fonction qui fasse passer (comme les fonctions linéaires ou paramétriques) des couples (u, v) de l'espace paramétrique aux points $P(x, y, z)$ de l'espace \mathbb{R}^3 .

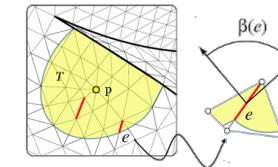
On parle de paramétrisation (« *mesh parameterization* ») ou de plongement de maillage (« *mesh embedding* »).

Tenseur de courbure

On cherche à exprimer en un point p une normale et les directions principales. Si on considère autour de p une portion de maillage T qui contient « un certain nombre » de faces, on teste pour chaque arête e l'angle dièdre $\beta(e)$ des 2 faces concourantes. Le tenseur de courbure est H_T :

$$H_T = \sum_{e \in T} \beta(e) \text{length}(e) E E^t$$

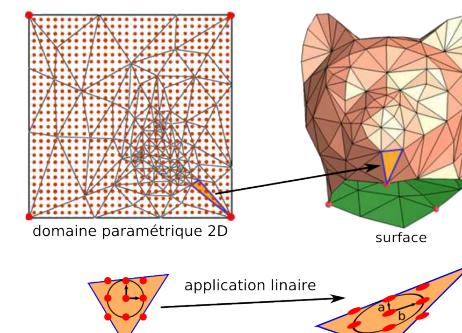
avec E le vecteur de l'arête e , E^t son transposé. L'angle $\beta(e)$ est positif ou négatif selon que le maillage local soit convexe ou concave.



On diagonalise ensuite la matrice H_T de dimension 3×3 et on obtient une approximation des directions principales. La normale correspond à la plus petite valeur.

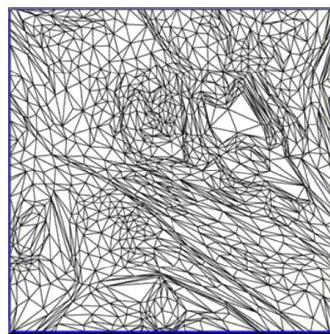
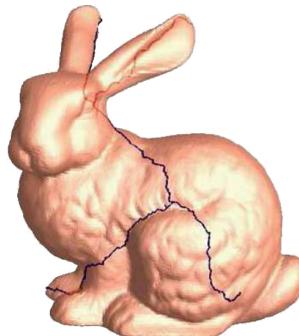
Plongement paramétrique

On veut ici « déplier » le maillage discret sur un plan qui constituera un espace paramétrique (discret ou non). On doit également créer une fonction qui fasse passer (comme les fonctions linéaires ou paramétriques) des couples (u, v) de l'espace paramétrique aux points $P(x, y, z)$ de l'espace \mathbb{R}^3 .



Espace paramétrique unitaire

On peut effectuer le découpage topologique de la surface pour un plongement dans un espace paramétrique unitaire^{3 4} :



3. B. Lévy (2002), "Least squares conformal maps for automatic texture atlas generation". In ACM SIGGRAPH'02, pp. 362-371.

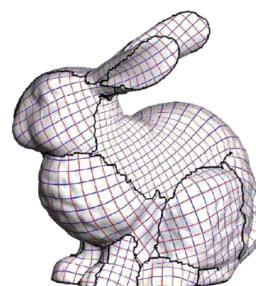
4. A. Jonquet (2006), "Smooth parametric surfaces retrieval from triangular meshes using RBFs". In Graphicon 2006

Quels intérêts, quels problèmes ?

- + on conserve le voisinage,
- + on peut utiliser ce domaine paramétrique pour le passer du réel au discret (approximation),
- + travailler dans ce plan est plus facile que dans l'espace \mathbb{R}^3 ,
- on perd l'accès direct aux caractéristiques locales (tangences, normales, courbures), même si la méthode de plongement peut en tenir compte,
- on n'est pas sûr que le dépliage à plat soit aisés, d'autres projections existent (sphère ou plus complexe) mais pas de méthode universelle.

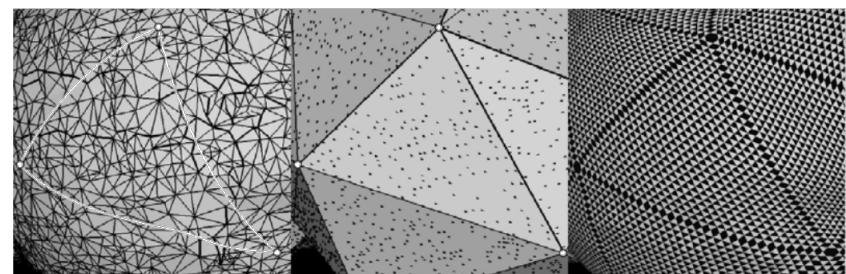
par Atlas

Dans la même veine que l'*uv-mapping* on retrouve les méthodes par atlas de faces. On découpe suivant un ou plusieurs critères (planéité, aire, distance, variation de courbures, *feature*).



Les remailleurs semi-réguliers

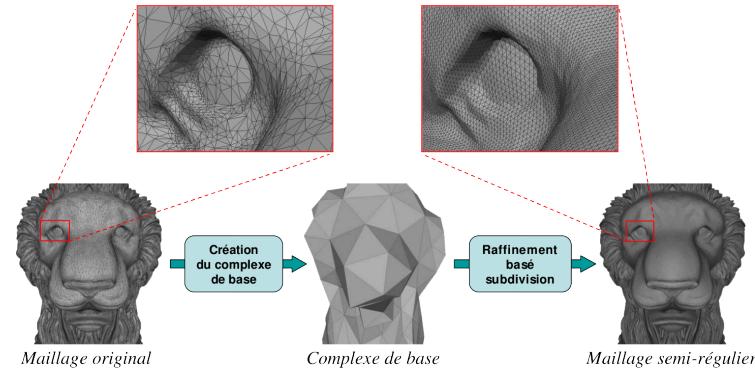
Les remailleurs SR (semi-réguliers) s'appuient sur un découpage en patchs et y effectuent des subdivisions (Loop généralement).



Remaillage

Remaillage semi-régulier

Cette méthode passe d'un maillage quelconque à un maillage « de base » d'une subdivision, et ses propriétés de régularité intrinsèques pour obtenir un maillage remaillé régulier⁵.



5. C. Roudet (2010), "Remaillage semi-régulier pour les maillages surfaciques triangulaires : un état de l'art", REFIG

43/213 R. Raffin

Prog. graphique & applis indus.

v. 2019 43

Remaillage

Décimation Edge/Vertex collapse

Le but de la méthode ici est de décimer itérativement l'objet (comme dans la méthode Progressive Mesh de Hoppe) pour obtenir un objet de base de la subdivision⁷.

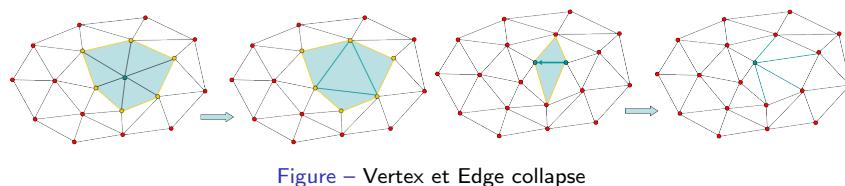


Figure – Vertex et Edge collapse

7. A.W. Lee(1998), "MAPS : multiresolution adaptive parameterization of surfaces.", In ACM SIGGRAPH'98, vol. 32, pp. 95-104.

45/213 R. Raffin

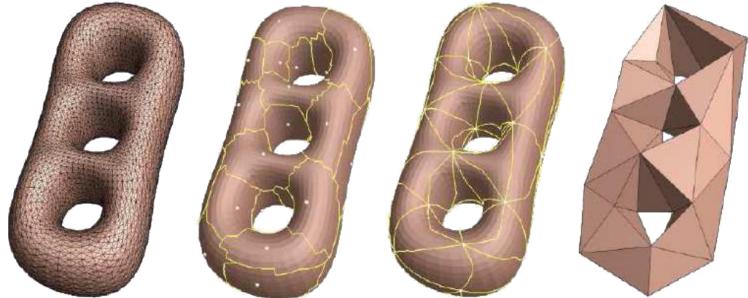
Prog. graphique & applis indus.

v. 2019 45

Remaillage

Clustering par cellules de Voronoï

On peut définir un remaillage grossier en cherchant les cellules de Voronoï/sites de Delaunay⁶



Le contrôle de qualité du maillage produit est ici difficile.

6. M. Eck (1995), "Multiresolution analysis of arbitrary meshes.", In ACM SIGGRAPH'95, pp. 173-182.

44/213 R. Raffin

Prog. graphique & applis indus.

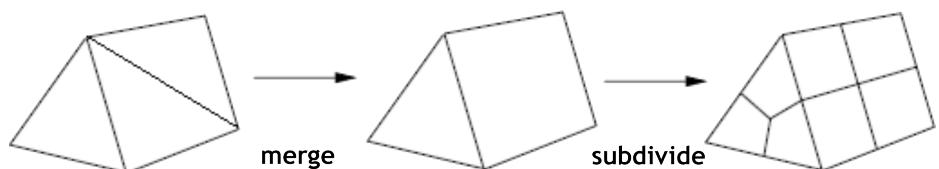
v. 2019 44

Remaillage

Conversion

Conversion en quadrangles

On passe de triangles à quadrangles par fusion successive de 2 triangles, sous contraintes d'aire, d'angle dièdre⁸... Les triangles restants sont subdivisés.



8. Borouchaki (1996), "Adaptive Triangular-Quadrilateral Mesh Generation."

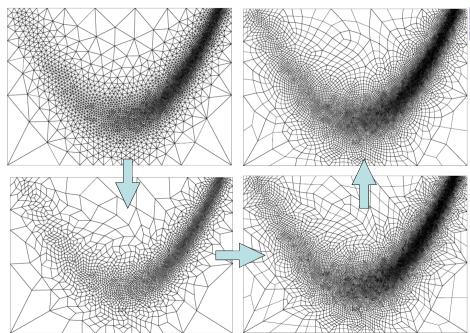
46/213 R. Raffin

Prog. graphique & applis indus.

v. 2019 46

Conversion en quadrangles

On passe de triangles à quadrangles par fusion successive de 2 triangles, sous contraintes d'aire, d'angle dièdre⁸... Les triangles restants sont subdivisés.



Quelles bibliothèques ?

- meshlab : "remeshing Simplification and reconstruction", lire les publications associées (marching Cube, Uniform Mesh resampling...)
- CGAL peut le faire
https://doc.cgal.org/latest/Polygon_mesh_processing/index.html
- bibliothèque de manipulation de maillages <http://gts.sourceforge.net/>
- idem <http://www-sop.inria.fr/geometrica/software/cgalmesh/GlobalOptimization.html>
- idem <http://alice.loria.fr/software/geogram/doc/html/index.html>

Quelques liens

- par curiosité <https://cubit.sandia.gov/> (programme payant mais documenté, orienté FEM)
- idem <https://www.ansys.com/products/platform/ansys-meshing>
- outil de remaillage payant <https://www.polygonica.com/>
- outil de remaillage open-source <http://remesh.sourceforge.net/>
- un cours assez détaillé sur les méthodes de remaillage http://graphics.stanford.edu/courses/cs468-12-spring/LectureSlides/13_Remeshing1.pdf
- Cocone, remailleur très utilisé
<http://web.cse.ohio-state.edu/~dey.8/surfrecon.htm>
- <http://www.realtimerendering.com/> et le livre associé
- <http://steve.hollasch.net/cgindex/geometry/tomesh.c>
- Graphics Gems <http://www.realtimerendering.com/resources/GraphicsGems/>