

Décomposition d'un maillage triangulaire 3D en carreaux quadrangulés

Roseline Bènière

G. Subsol, G. Gesquière, F. Le Breton et W. Puech

27 novembre 2009

AFIG 2009

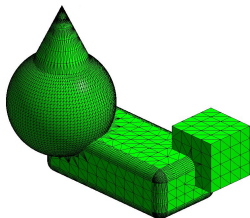


Table des matières

- 1 Introduction
- 2 Présentation de la méthode
- 3 Résultats expérimentaux
- 4 Conclusion et perspectives

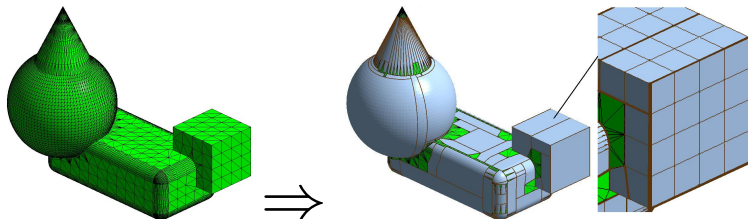
Motivation

On veut décomposer un maillage triangulaire en “grilles régulières rectangulaires”, (c.a.d en carreaux quadrangulés)



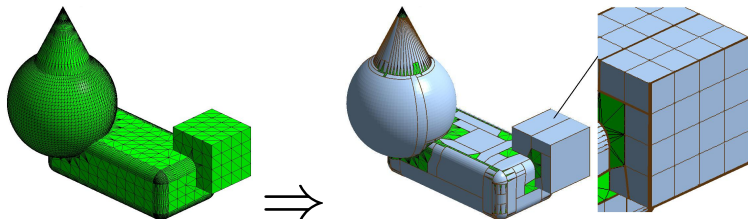
Motivation

On veut décomposer un maillage triangulaire en “grilles régulières rectangulaires”, (c.a.d en carreaux quadrangulés)



Motivation

On veut décomposer un maillage triangulaire en “grilles régulières rectangulaires”, (c.a.d en carreaux quadrangulés)



Elles peuvent être utilisées comme support de fonctions paramétriques :

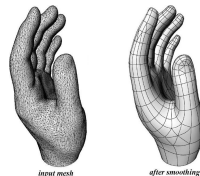
- pour interpoler une surface
- pour approximer une surface

en particulier pour les applications CAO (ex : rétro-ingénierie ou simulation numérique)

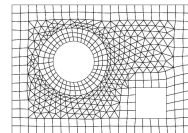
Etat de l'art

3 types de méthodes :

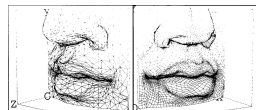
- Algorithmes de remaillage, ex : *Alliez et al.* "Anisotropic polygonal remeshing", 2003 ;



- Algorithmes par avancement du front, ex : *Owen et al.* "Advancing front quadrilateral meshing using triangle transformations", 1998 ;



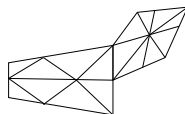
- Algorithmes par fusion, ex : *Borouchaki et al.* "Maillage de surfaces paramétriques", 1997.



Contraintes

3 contraintes :

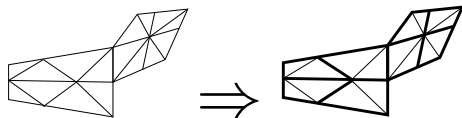
- Les points du maillage triangulaire sont conservés ;
- Les arêtes sont issues du maillage triangulaire ;
- Les maillages quadrangulaires sont décomposés en carreaux.



Contraintes

3 contraintes :

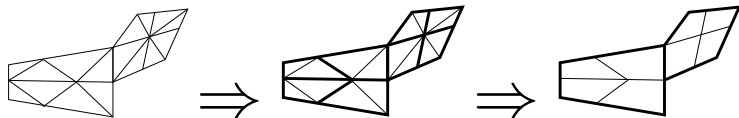
- Les points du maillage triangulaire sont conservés ;
- Les arêtes sont issues du maillage triangulaire ;
- Les maillages quadrangulaires sont décomposés en carreaux.



Contraintes

3 contraintes :

- Les points du maillage triangulaire sont conservés ;
- Les arêtes sont issues du maillage triangulaire ;
- Les maillages quadrangulaires sont décomposés en carreaux.



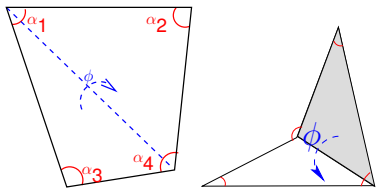
Présentation de la méthode

Notre méthode se décompose en 3 étapes :

- 1 Calcul d'un coefficient de qualité pour tout les couples de triangles adjacents
- 2 Construction de zones quadrangulées, en fonction des coefficients de qualité
- 3 Décomposition des zones quadrangulées en carreaux quadrangulés

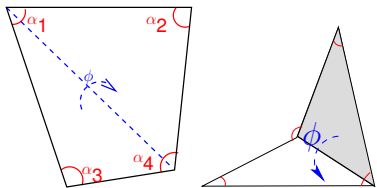
1) Calcul du coefficient de qualité

Calcul du coefficient Q de qualité à partir des angles du quadrangle :



1) Calcul du coefficient de qualité

Calcul du coefficient Q de qualité à partir des angles du quadrangle :

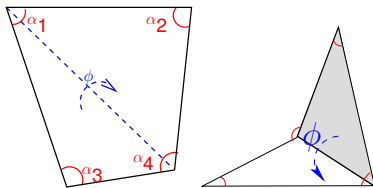


Equation du coefficient de qualité :

$$Q = \begin{cases} 2\pi & \text{si } \phi < \phi_{min} \\ \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 \left| \frac{\pi}{2} - \alpha_i \right| & \text{sinon .} \end{cases}$$

1) Calcul du coefficient de qualité

Calcul du coefficient Q de qualité à partir des angles du quadrangle :



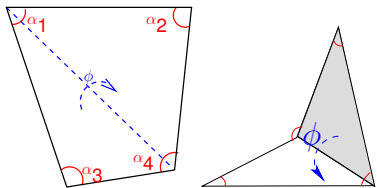
Equation du coefficient de qualité :

$$Q = \begin{cases} 2\pi & \text{si } \phi < \phi_{min} \\ \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 \left| \frac{\pi}{2} - \alpha_i \right| & \text{sinon .} \end{cases}$$

Si coefficient proche de 0

1) Calcul du coefficient de qualité

Calcul du coefficient Q de qualité à partir des angles du quadrangle :



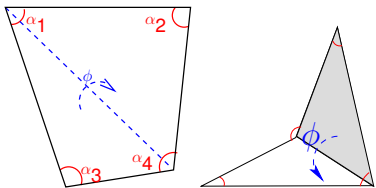
Equation du coefficient de qualité :

$$Q = \begin{cases} 2\pi & \text{si } \phi < \phi_{min} \\ \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 \left| \frac{\pi}{2} - \alpha_i \right| & \text{sinon.} \end{cases}$$

Si coefficient proche de 0 \Rightarrow quadrangle \approx rectangle plan

1) Calcul du coefficient de qualité

Calcul du coefficient Q de qualité à partir des angles du quadrangle :



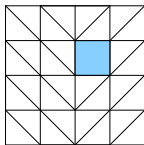
Equation du coefficient de qualité :

$$Q = \begin{cases} 2\pi & \text{si } \phi < \phi_{min} \\ \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 \left| \frac{\pi}{2} - \alpha_i \right| & \text{sinon .} \end{cases}$$

Si coefficient proche de 0 \Rightarrow quadrangle \approx rectangle plan
 \Rightarrow quadrangle de bonne qualité

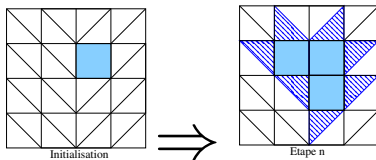
2) Création des zones quadrangulées

Construction itérative des zones quadrangulées :



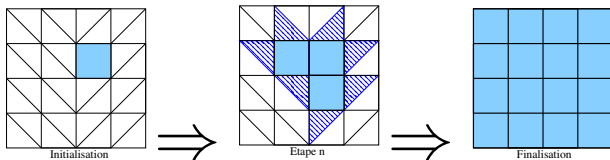
2) Création des zones quadrangulées

Construction itérative des zones quadrangulées :



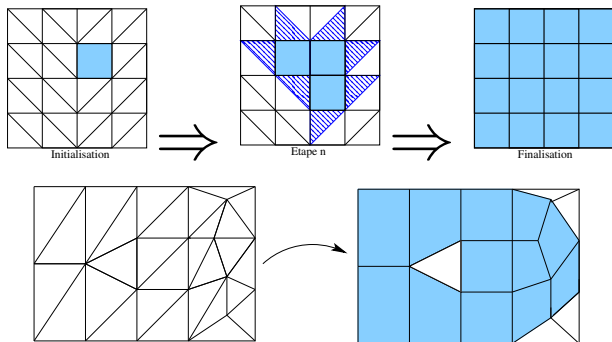
2) Création des zones quadrangulées

Construction itérative des zones quadrangulées :



2) Création des zones quadrangulées

Construction itérative des zones quadrangulées :



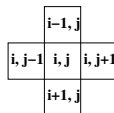
2 types de triangles restants

- les triangles isolés
- les triangles permettant de construire uniquement des quadrangles ayant un coefficient de qualité $> Q_{max}$.

3) Décomposition en carreaux quadrangulés

On range les quadrangles dans des “polygones rectilignes” :

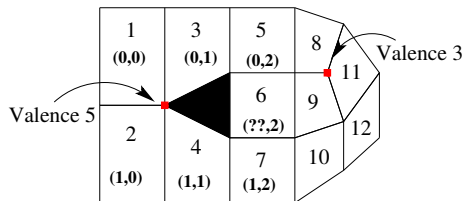
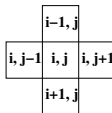
Chaque quadrangle a une position en fonction de ces voisins



3) Décomposition en carreaux quadrangulés

On range les quadrangles dans des “polygones rectilignes” :

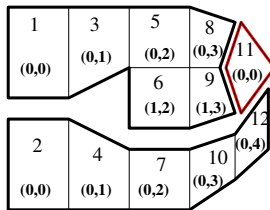
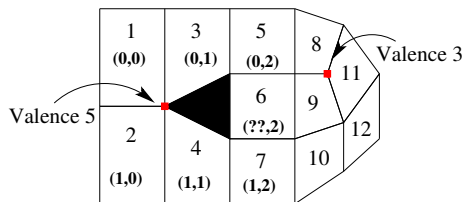
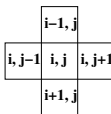
Chaque quadrangle a une position en fonction de ces voisins



3) Décomposition en carreaux quadrangulés

On range les quadrangles dans des “polygones rectilignes” :

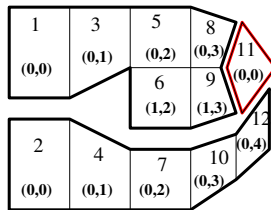
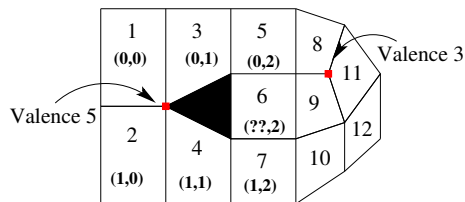
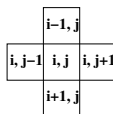
Chaque quadrangle a une position en fonction de ces voisins



3) Décomposition en carreaux quadrangulés

On range les quadrangles dans des “polygones rectilignes” :

Chaque quadrangle a une position en fonction de ces voisins



Le polygone rectiligne contenant le quadrangle 11, n'est pas gardé.

3) Décomposition en carreaux quadrangulés

On décompose les polygones rectilignes en carreaux :
⇒ même nombre de lignes pour toutes les colonnes.

3) Décomposition en carreaux quadrangulés

On décompose les polygones rectilignes en carreaux :
⇒ même nombre de lignes pour toutes les colonnes.

- Calcul du carreau ayant le plus de quadrangles :

1	3	5	8
		6	9

3) Décomposition en carreaux quadrangulés

On décompose les polygones rectilignes en carreaux :

⇒ même nombre de lignes pour toutes les colonnes.

- Calcul du carreau ayant le plus de quadrangles :
- Suppression des quadrangles du polygone rectiligne :

1	3	5	8
		6	9

1	3
---	---

3) Décomposition en carreaux quadrangulés

On décompose les polygones rectilignes en carreaux :
 ⇒ même nombre de lignes pour toutes les colonnes.

- Calcul du carreau ayant le plus de quadrangles :
- Suppression des quadrangles du polygone rectiligne :
- Recherche du nouveau carreau ayant le plus de quadrangles :

1	3	5	8
		6	9

1	3
---	---

1	3
---	---

3) Décomposition en carreaux quadrangulés

On décompose les polygones rectilignes en carreaux :
 ⇒ même nombre de lignes pour toutes les colonnes.

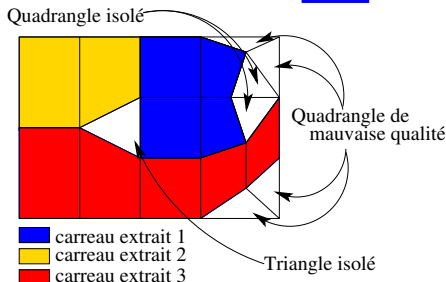
- Calcul du carreau ayant le plus de quadrangles :
- Suppression des quadrangles du polygone rectiligne :
- Recherche du nouveau carreau ayant le plus de quadrangles :

1	3	5	8
		6	9

1	3
---	---

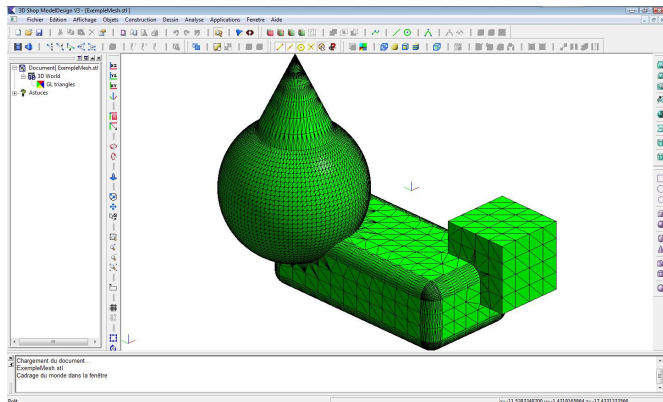
1	3
---	---

Résultat final :

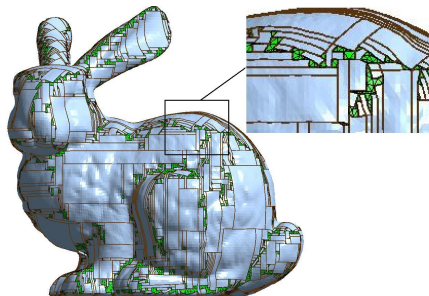
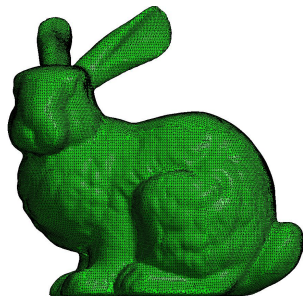


Premiers tests

La méthode a été implémentée dans le logiciel 3D Shop de C4W.



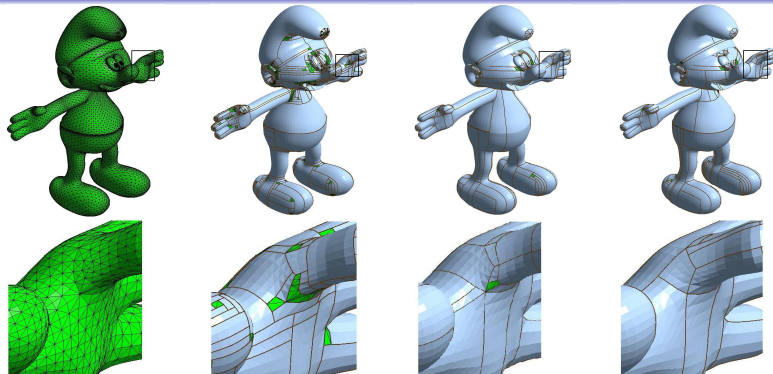
Premiers tests



Nombre triangles	69 451
Nombre carreaux	1 932
Recouvrement	89,98%
Temps de calcul	4 min

Maillage de départ et résultat pour : Bunny.

Variation des tolérances

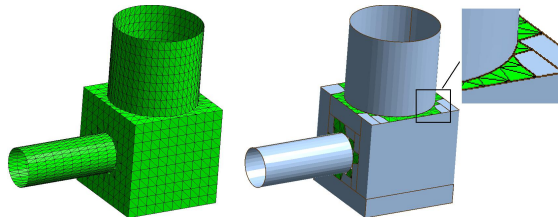


Variations tolérance $Q_{max} = \frac{\pi}{2}, \pi$ et 2π / 64320 triangles

Q_{max}	ϕ_{min}	Nb carreaux	% recouvrement	Tp calcul
$\frac{\pi}{2}$	$\frac{5\pi}{6}$	931	91,39%	2 min
π	$\frac{5\pi}{6}$	519	98,52%	4 min
2π	2π	502	98,56%	5 min 30 sec

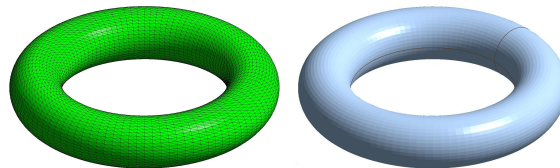
Tests objets CAO

Avec $Q_{max} = \frac{\pi}{2}$ et $\phi_{min} = \frac{5\pi}{6}$



Nombre triangles	2 608
Nombre carreaux	21
Recouvrement	95,47%

Maillage de départ et résultat pour : CubeCylindres.



Nombre triangles	9 384
Nombre carreaux	1
Recouvrement	100%

Maillage de départ et résultat pour : Tore.

Conclusion

Nous avons proposé une méthode :

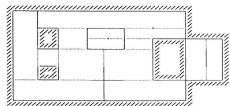
- décomposant un maillage en carreaux quadrangulés
- utilisable dans de nombreuses applications :
 - Surfaces paramétriques
 - Subdivision
 - Calcul numérique
 - Rétro-ingénierie
- ayant la particularité de se baser uniquement sur les points et les arêtes du maillage triangulaire.

Perspectives

Améliorations possibles :

- Prendre d'autres coefficients de qualité.
- Modifier la propagation des quadrangles.

Optimiser la recherche des polygones rectilignes, ex : *Soltan et al. "Minimum Dissection of a Rectilinear Polygon with Arbitrary Holes into Rectangles", 1993*.



- Fusionner des carreaux.

Utiliser des lignes remarquables pour définir des carreaux, ex : *Lavoué et al. "A new CAD mesh segmentation method, based on curvature tensor analysis", 2004*.



Merci de votre attention

QUESTIONS ?

Site : www.lirmm.fr/~beniere

Mail : roseline.beniere@lirmm.fr

