

Surfaces parallèles: Épaississement de surfaces fines

Stefka GUEORGUIEVA
`stefka.gueorguieva@labri.fr`

Plan

- 1 Motivation
- 2 Surfaces parallèles ("offset surfaces")
- 3 Approches surfaciques
- 4 Approches volumiques
- 5 Approches hybrides
- 6 Surfaces parallèles : cas dégénérés

Motivation

Surfaces parallèles ("offset surfaces")

Approches surfaciques

Approches volumiques

Approches hybrides

Surfaces parallèles : cas dégénérés

Prototypage rapide : maillage viable



Prototypage rapide : maillage viable

Définition d'une orientation cohérente des normales

Propagation d'une orientation cohérente sur différentes composantes connexes.



Motivation

Surfaces parallèles ("offset surfaces")

Approches surfaciques

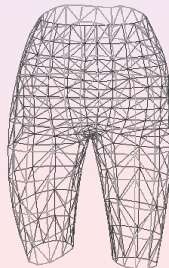
Approches volumiques

Approches hybrides

Surfaces parallèles : cas dégénérés

Prototypage rapide : maillage viable

Classification des bords :
trous à combler



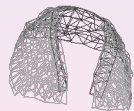
Prototypage rapide : maillage viable

Classification des bords :

coquilles (surfaces fines)

à épaissir

→ construction de
surfaces "offset"

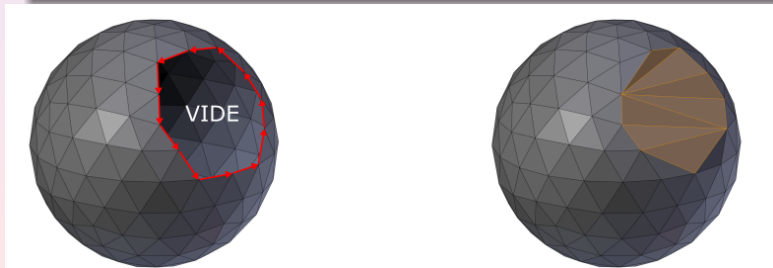


Classification des bords

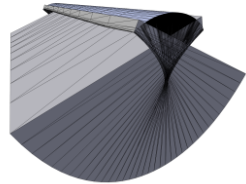
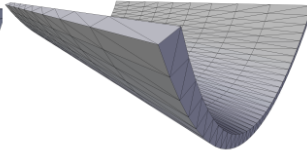
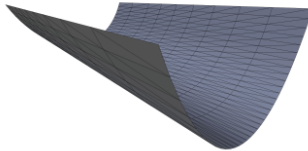
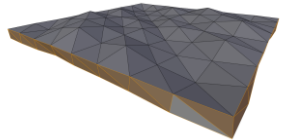
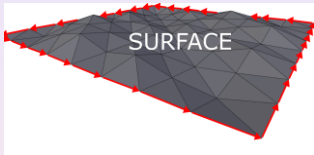
C.Lanterne,2020

Thèse de doctorat, UBdx

"Passage d'objets 3D non imprimables à des objets imprimables et optimisés"



Classification des bords



"Offset" de surface paramétrique

R.T. Farouki, "Exact offset procedures for simple solids", CAGD 2(1985), 257-279

Soit S une surface paramétrique

$$S = r(u, v)$$

Soit n , le vecteur normal

$$n = r_u \times r_v$$

La surface parallèle, "offset", de S est définie comme :

$$r_o(u, v) = r(u, v) + d \cdot \frac{r_u \times r_v}{|r_u \times r_v|}$$

"Offset" de surface paramétrique

[FAROUKI85] "Offset" d'une surface paramétrique

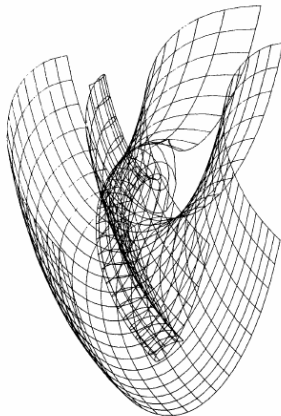


Fig. 3. Complex structure of the offset to a general surface.

"Offset" de surface polyédrique

[FAROUKI85]

"Offset"
d'une face,
d'une arête et
d'un sommet

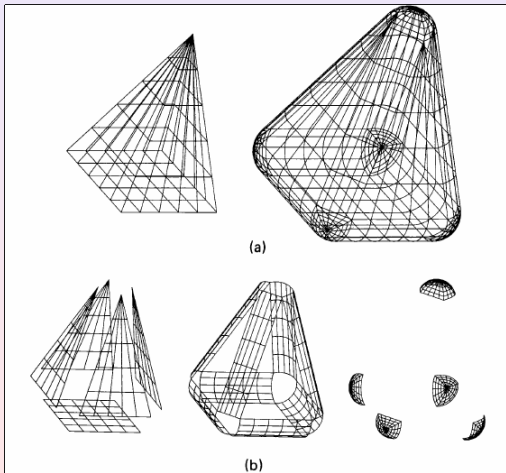


Fig. 6. (a) A pyramid primitive and its offset surface; (b) the face, edge and vertex elements to the offset surface.

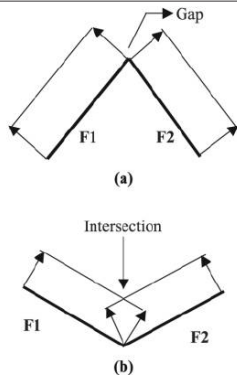
"Offset" de surface polyédrique par approche surfacique

- 1 Construction des "offsets" (décalages) de chaque composante ;
- 2 Fusion/subdivision le long des intersections pour la suppression des chevauchements, des auto-intersections et des cas dégénérés.

"Offset" par décalage de sommets

X. Qu and B. Stucker,
"A 3D surface offset method for
STL-format models",
Rapid Prototyping Journal, Vol9,
Issue 3, 133-141, 2003 [QU03]

Figure 1 (a) Gap between offset surfaces; (b) intersection between offset surfaces

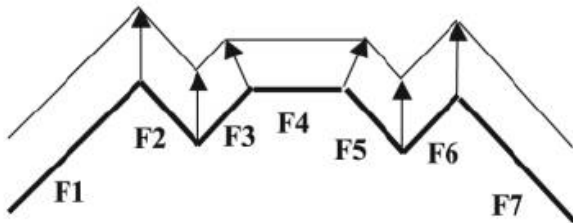


"Offset" par décalage de sommets

[QU03]

Décalage de sommets

Figure 2 Offsetting vertices

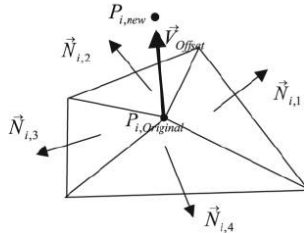


"Offset" par décalage de sommets

[QU03]

$$P_{i,new} = P_{i,original} + \vec{V}_{offset} \cdot d_{offset}$$

Figure 5 Illustration of the relationship between \vec{V}_{Offset} and $\vec{N}_{i,j}$



"Offset" par décalage de sommets

Algorithm 1 Épaississement de coquilles

Require: L_{BCTS} , list of thin shells, d vertex offset magnitude

Ensure: S_{BCTS} , list of thin shell solids

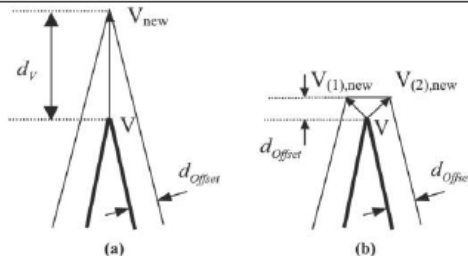
```
1:  $S_{BCTS} = \{\}$ 
2: for all  $I_{BCTS}$  in  $L_{BCTS}$  do
3:   for all  $v$  in  $V_{I_{BCTS}}$  do
4:     Compute normal vectors  $n_v$ 
5:     Create  $v^{displ} = v + d \cdot n_v$ 
6:   end for
7:   Create "top" face defined by  $I_{BCTS}$ 
8:   Create "down" face defined by  $I_{BCTS}^{displ}$ 
9:   Create side wall facets  $\{v, v_{next}, v_{next}^{displ}, v^{displ}\}$ 
10:  Create thin shell solid  $S_{I_{BCTS}}$ 
11:   $S_{BCTS} = S_{BCTS} + S_{I_{BCTS}}$ 
12: end for
```


"Offset" par décalage de sommets

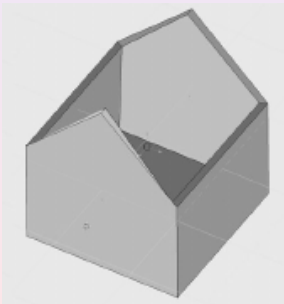
[QU03] Limites

Contraintes sur la distance de décalage d_v

Figure 9 Illustration of vertex splitting method. (a) Normal offset, and (b) offset with vertex splitting



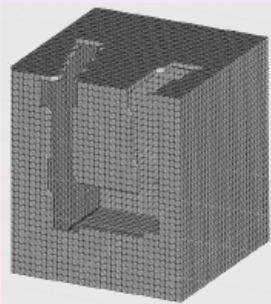
"Offset" de surface polyédrique, implémentation de [QU03] Représentation et fonctions utilitaires de CGAL 3D Polyhedral Surface



[QU03]

d'après les illustrations de E.Barjou,
Ch. Caubet et R. Maugey, srcs de
Projets 4TIS904U, 2018-2019

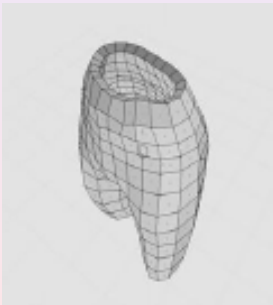
"Offset" de surface polyédrique, implémentation de [QU03] Représentation et fonctions utilitaires de CGAL 3D Polyhedral Surface



[QU03]

d'après les illustrations de E.Barjou,
Ch. Caubet et R. Maugey, srcs
Projets 4TIS904U, 2018-2019

"Offset" de surface polyédrique, implémentation de [QU03] Représentation et fonctions utilitaires de CGAL 3D Polyhedral Surface



[QU03]

d'après les illustrations de E.Barjou,
Ch. Caubet et R. Maugey, srcs
Projets 4TIS904U, 2018-2019

"Offset" de surface polyédrique par approche volumique

- 1 Construction d'une subdivision adaptative d'un volume englobant ;
- 2 Classification des cellules de la subdivision en fonction de leur appartenance ou non à la surface en tant que vides, pleines ou partiellement occupées ;
- 3 Construction du "offset" à partir des cellules partiellement occupées.

Épaississement uniforme à base de points

Y.Chen, "Uniform offsetting of polygonal model based on Layered Depth-Normal Images", CAD, V 43, N 1, 31-46, 2011

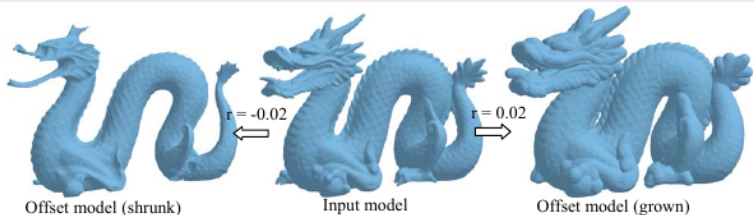


Figure 3. Screen capture of the offset results for a dragon model.

Épaississement uniforme à base de points

[CHEN11]

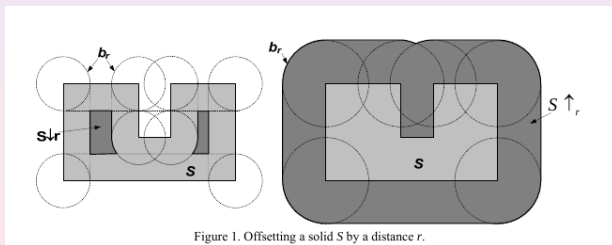


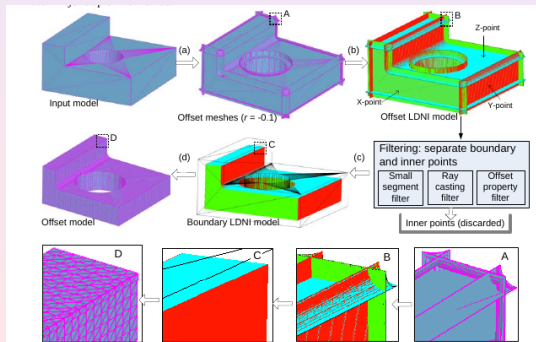
Figure 1. Offsetting a solid S by a distance r .

Aperçu de l'épaississement uniforme à base de points [CHEN11]

- 1 Construction d'un sur-ensemble de la surface "offset"
 $F||_r^+ \cup E||_r^+ \cup V||_r^+$
- 2 Construction de la surface "offset" $S \uparrow^* r$
 - Structuration en images normales de profondeur (LDNI)
 - Filtrage
- 3 Reconstruction de la frontière de l'"offset" $\partial(S \uparrow^* r)$

Aperçu de l'épaississement uniforme à base de points [CHEN11]

Illustration [CHEN11], Fig. 2



[CHEN11] Épaississement uniforme à base de points

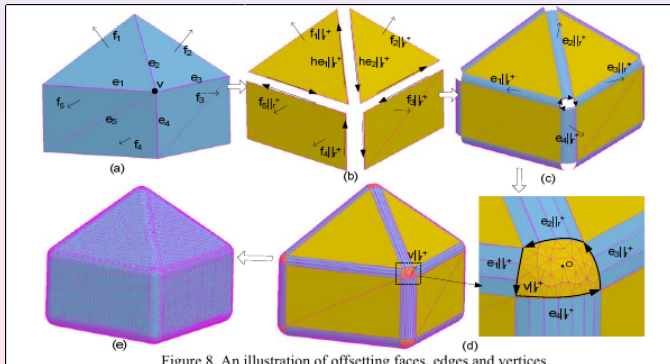
[CHEN11]

- Construction d'un sur-ensemble de la surface "offset" :
 $\forall q \in \partial S$ calculer $\{p : d(p, q) = r\}$
 $\{p : d(p, q) = r\} = F\|_r^+ \cup E\|_r^+ \cup V\|_r^+$
 $F\|_r^+ = \{p : p = q + r \cdot n, q \in f, f \in F(S), n \text{ normal of } f\}$
 $E\|_r^+ = \{p : p \in C(e, r), e \in E(S)\}$
 $V\|_r^+ = \{p : p \in B(v, r), v \in V(s)\}$
 $\partial(S \uparrow^* r) \subseteq F\|_r^+ \cup E\|_r^+ \cup V\|_r^+$

[CHEN11] Épaississement uniforme à base de points

[CHEN11, fig. 8]

$$\partial(S \uparrow^* r) \subseteq F \parallel_r^+ \cup E \parallel_r^+ \cup V \parallel_r^+$$



[CHEN11] Épaississement uniforme à base de points

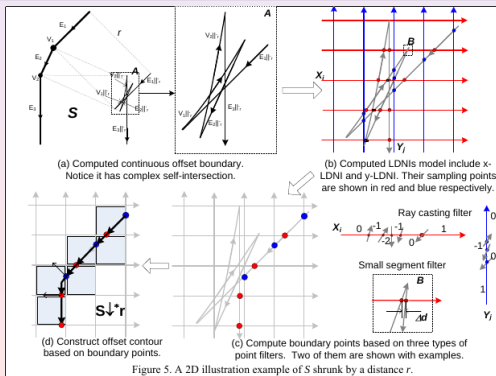
[CHEN11]

- Calcul de la surface "offset" $\partial(S \uparrow^* r)$
 - 1 Classification des points : intérieurs/frontiers
 - 2 Échantillonnage des points frontiers :
construction d'une image de niveaux de profondeur
"Layered Depth-Normal Image", (LDNI)
 - 3 Filtrage de l'image LDNI
 - 4 Extraction de $\partial(S \uparrow^* r)$

[CHEN11] Épaississement uniforme à base de points

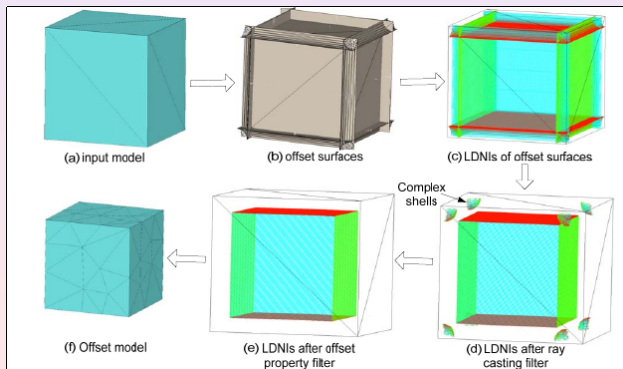
[CHEN11, fig. 5]

Image LDNI : représentation implicite de $\partial(S \uparrow^* r)$



[CHEN11] Épaissement uniforme à base de points

[CHEN11, fig. 12]



[CHEN11] Épaississement uniforme à base de points

[CHEN11, fig. 14]

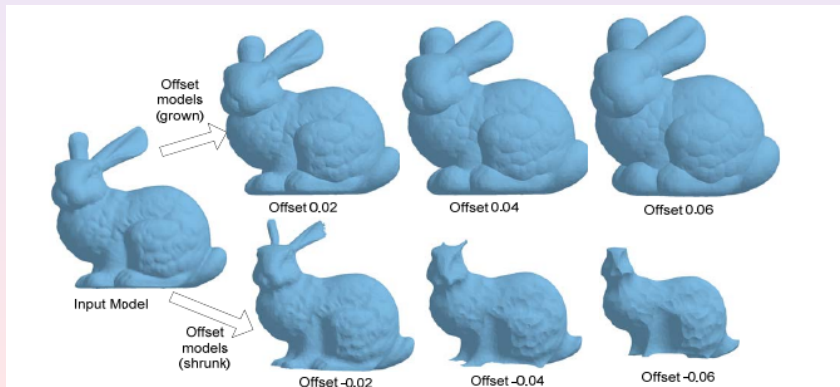


Figure 14. Screen capture of the offset results for a bunny model.

"Offset" de solide \rightarrow "s-offsetting"

Rossignac et al., CAGD, 3(1986), 129-148

- Valeur de décalage positive : "positive s-offsetting"
solide étendu

$$S \uparrow^* r = \{p : \exists q \in S, \|p - q\| \leq r\}$$

$$S \uparrow^* r = \bigcup_{p \in S} B^*(p, r)$$

$$B^*(p, r) = \{q : \|q - p\| \leq r\}$$

- Valeur de décalage négative : "negative s-offsetting"
solide contracté

$$S \downarrow^* r = c^*((c^* S) \uparrow r)$$

"Offset" de solide \rightarrow "s-offsetting"

[ROSSIGNAC86]

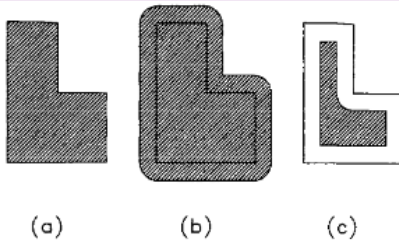


Fig. 1. A simple L-shaped object (a), a positive offset (b), and a negative offset (c).

Opérations de Minkowski

Soit $A \subset E^2$, $B \subset E^3$, ensembles réguliers fermés

Somme de Minkowski $A \oplus B := \{a + b | a \in A, b \in B\}$

Différence de Minkowski $A \otimes B := \overline{A \oplus B}$.

Soit b_r une boule ouverte de rayon r alors

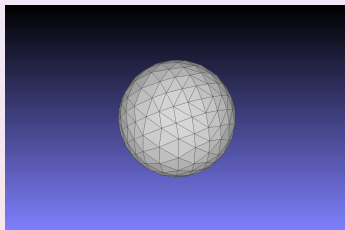
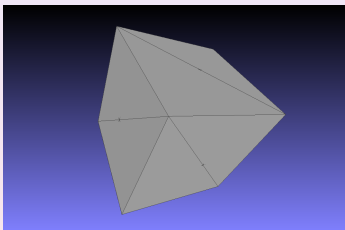
le décalage positif est $S \uparrow^* r = S \oplus b_r$ et

le décalage négatif est $S \downarrow^* r = S \otimes b_r$

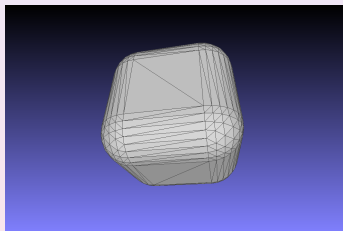
Pour générer $S \uparrow^* r$ ou $S \downarrow^* r$

- 1 Construire l'ensemble de faces provisoires contenues dans $\partial(S \uparrow^* r)$ ou $\partial(S \downarrow^* r)$;
- 2 Construire l'ensemble d'arêtes provisoires intersections de paires de faces provisoires ;
- 3 Construire la représentation par frontière de la surface "offset"

Opérations de Minkowski- Réalisations avec CGAL



Opérations de Minkowski- Réalisations avec CGAL



"Offset" : cas dégénérés

B.Pham, "Offset curves and surfaces : a brief survey", CAD, V24, N4, 1992

- (fig. 1) Orientation non-unique de la normale
- (fig. 2) Auto-intersection
- (fig. 3) Boucle et corne

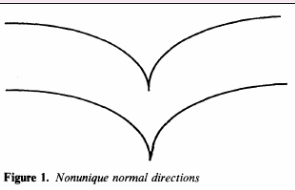


Figure 1. Nonunique normal directions



Figure 2. Self-intersecting offset

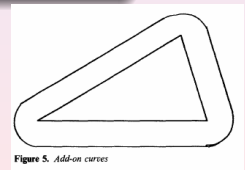
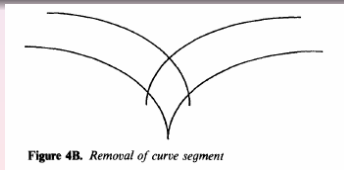
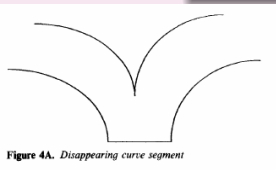


Figure 3. Loop and cusp

"Offset" : cas dégénérés

[PHAM92]

- (fig. 4A) Disparition de segment
- (fig. 4B) Suppression de segments
- (fig. 5) Ajout de segments complémentaires

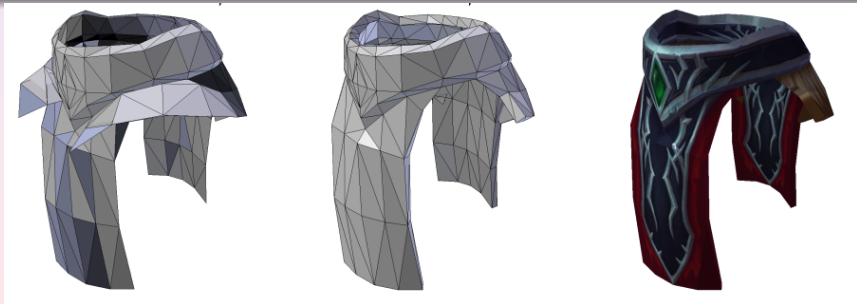


Pour approfondir

C.Lanterne,2020

Thèse de doctorat , UBdx

"Réparation et optimisation de maillages 3D pour l'impression 3D"



Motivation
Surfaces parallèles ("offset surfaces")
Approches surfaciques
Approches volumiques
Approches hybrides
Surfaces parallèles : cas dégénérés

Pour approfondir

C.Lanterne,2020

