

Génération de surfaces isométriques à un patron par découpage récursif

Damien Rohmer, Marie-Paule Cani, Stefanie Hahmann, et Boris Thibert.

Grenoble Universités, LJK
31 Mars 2010

- 1 Introduction
 - Motivation
 - État de l'art
 - Notre Approche

- 2 Cas des surfaces tendues
 - Algorithme
 - Premières validations

- 3 Génération de plis géométriques
 - Subdivision locale
 - Relaxation globale
 - Résultats

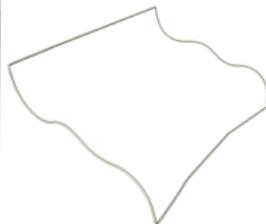
- 4 Conclusion

But

- Modéliser des surfaces **inextensibles plissées** (papier, métal, tissu, ...)
- Entrées **intuitives** et **contrôlables** (bords, ...)
- **Rapide**



Patron 2D



Bord 3D

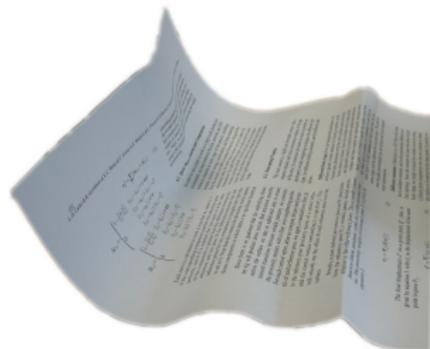
=>



Surface
developpable

Difficultés

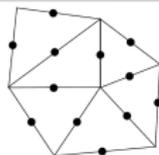
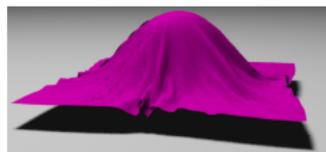
- Isométrie = Contrainte
 - Non linéaire
 - Globale
 - Surfaces **non lisses**
- ⇒ Cout en temps.
- ⇒ Stabilité.
- ⇒ Complexité des données d'entrée.
- ⇒ Respect de la contrainte.



État de l'art : Approches physiques

Simulation tissu + contraintes géométriques

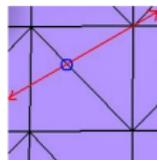
- [Choi, Ko ; TOG 2002]
- [Stumpp et al. ; VRIPhys 2008]
- [English, Bridson ; TOG 2008]



- ⊕ Animation
- ⊖ Lent, contrôle, surface lisses

Simulation de papier

- [Burgoon et al. ; Computers and their Applications 2006]



- ⊖ Arêtes vives définies manuellement.

État de l'art : Méthodes géométriques

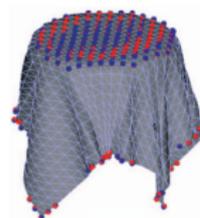
Critère de développabilités

- [Frey; CAD 2004]
 - [Rose et al. ; SGP 2007]
- ⊖ Pas d'isométrie, restreint au polygone convexe du bord



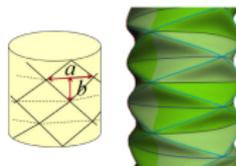
Deformation de maillage

- [Tang, Chen; TVCG 2009]
 - [Popa et al. ; CGF 2009]
- ⊖ Surface lisse, lent



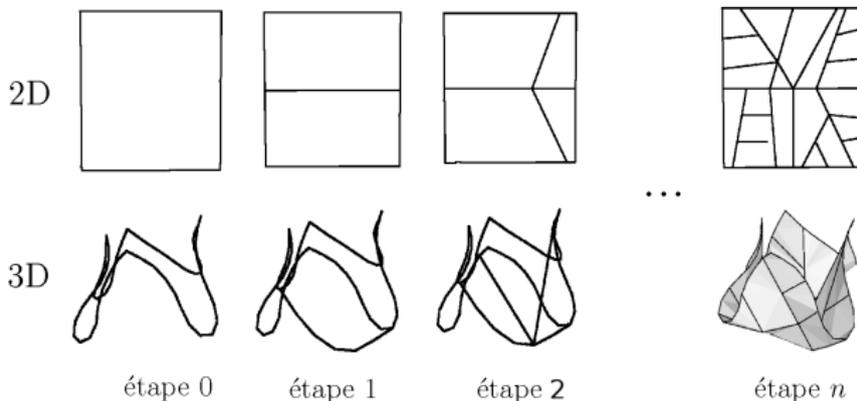
Approche procédurale

- [Decaudin et al. ; CGF 2006]
- ⊖ Type de déformation limité



Notre Approche

- Découpages récursifs géométrique
- Critère d'isométrie



- ⊕ **rapide** : Découpage en sous problèmes locaux.
- ⊕ **plis** : Gestion automatique des lignes de plis, maillage adapté.
- ⊕ **isométrie** : Assurance d'améliorer la contrainte.
- ⊕ **robustesse** : Elongations et approximations prises en compte.

- 1 Introduction
 - Motivation
 - État de l'art
 - Notre Approche

- 2 Cas des surfaces tendues
 - Algorithme
 - Premières validations

- 3 Génération de plis géométriques
 - Subdivision locale
 - Relaxation globale
 - Résultats

- 4 Conclusion

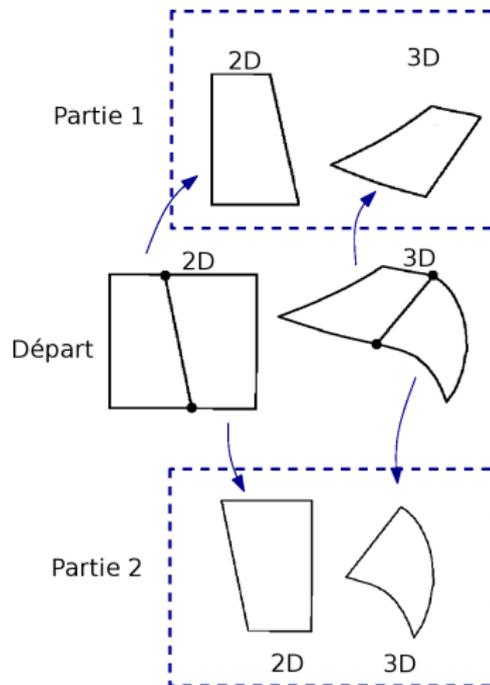
Principe général

Entrée :

- Patron 2D (polygone)
- Courbe d'un bord 3D

Algorithme récursif :

- 1 Trouver une ligne de plis
- 2 Scinder en 2 régions
- 3 Recommencer sur région 1 puis 2.

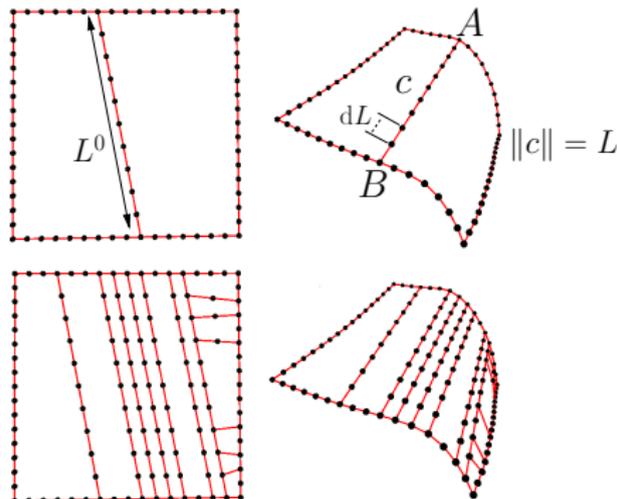


Calcul de la courbe la plus tendue

- Trouver une règle :
 $L = L^0$ ssi $c = [AB]$.
- Plus robuste :
la ligne la **plus tendue** :
 $L \geq L^0$

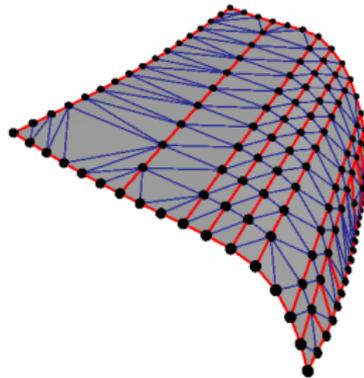
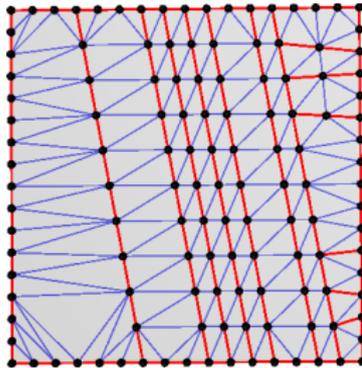
En pratique :

- On discrétise avec un pas dL .
- On compare toute les paires de points du bord.



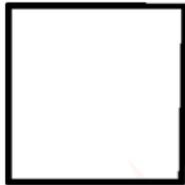
Maillage des régions

- Delaunay sur le patron discret
- On map en 3D

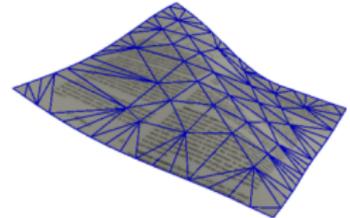


Surface tendue 1

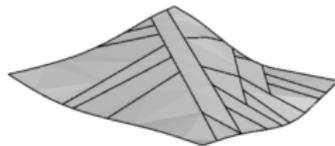
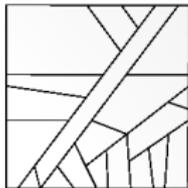
Entrée



Résultat +
texture



Résultat



Surface tendue 2

Entrée



Résultat

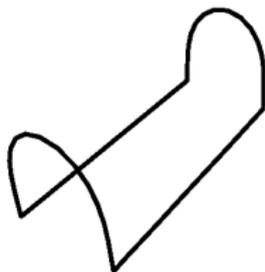
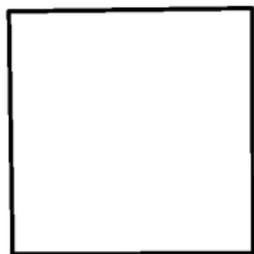


Résultat
texturé



Surface tendue 3

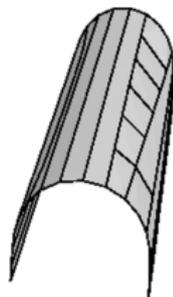
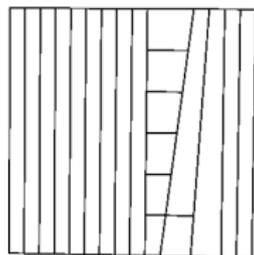
Entrée



Résultat texturé



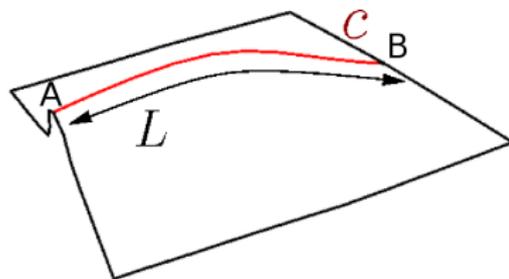
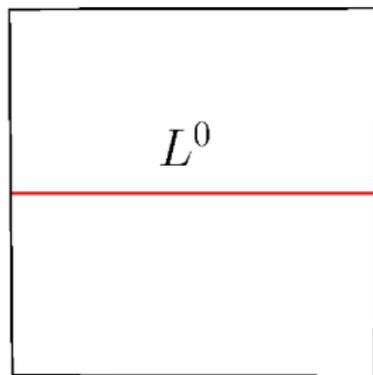
Résultat



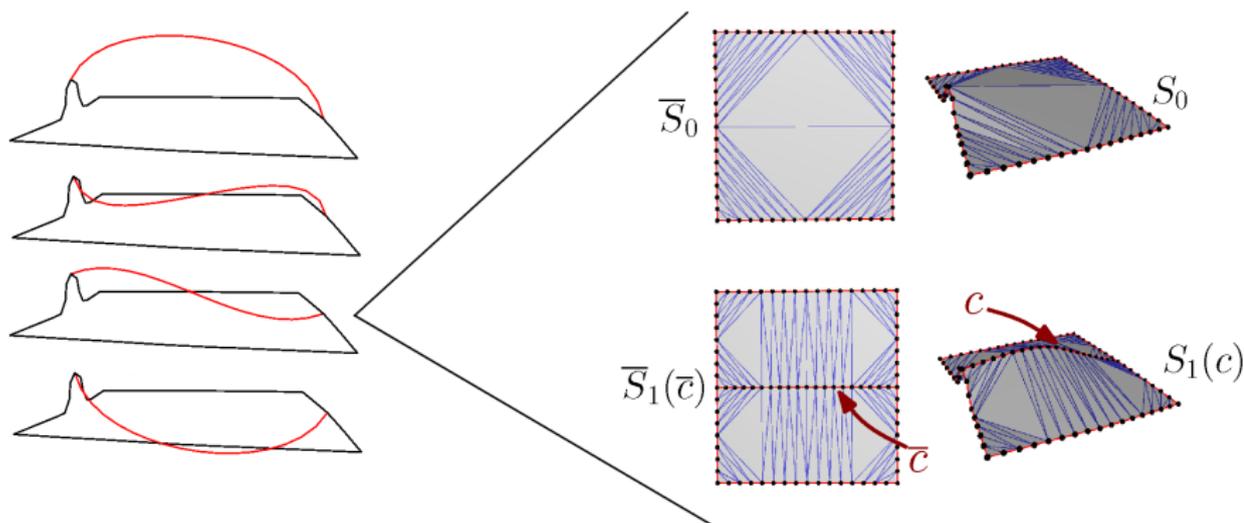
- 1 Introduction
 - Motivation
 - État de l'art
 - Notre Approche
- 2 Cas des surfaces tendues
 - Algorithme
 - Premières validations
- 3 **Génération de plis géométriques**
 - **Subdivision locale**
 - **Relaxation globale**
 - **Résultats**
- 4 Conclusion

Problématique du cas plissé

- La courbe la plus tendue satisfait : $L \leq L^0$.
 $\Rightarrow c$ n'est pas un segment de droite
- On choisit c comme une cubique
 - ⊕ Approxime portion de cône
 - ⊕ Pas d'oscillations
 - ⊕ Nbr degrés de liberté

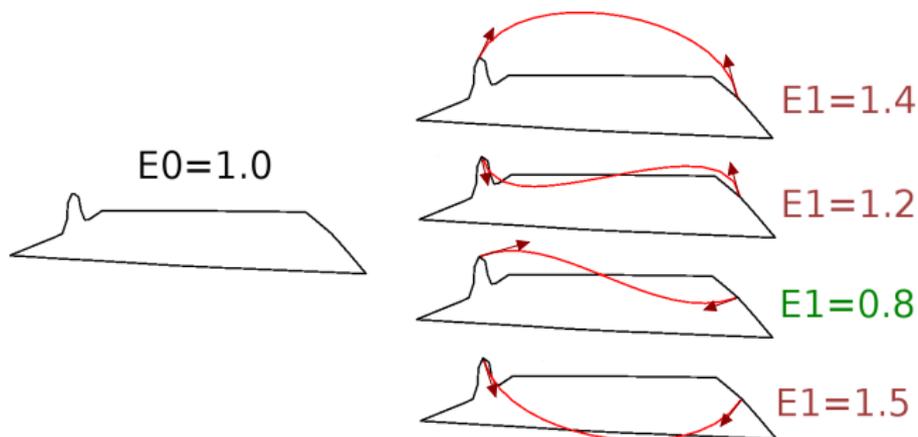


Choix du profil géométrique



$$E = \sum_{\text{arêtes}} (1 - I^0)^2$$

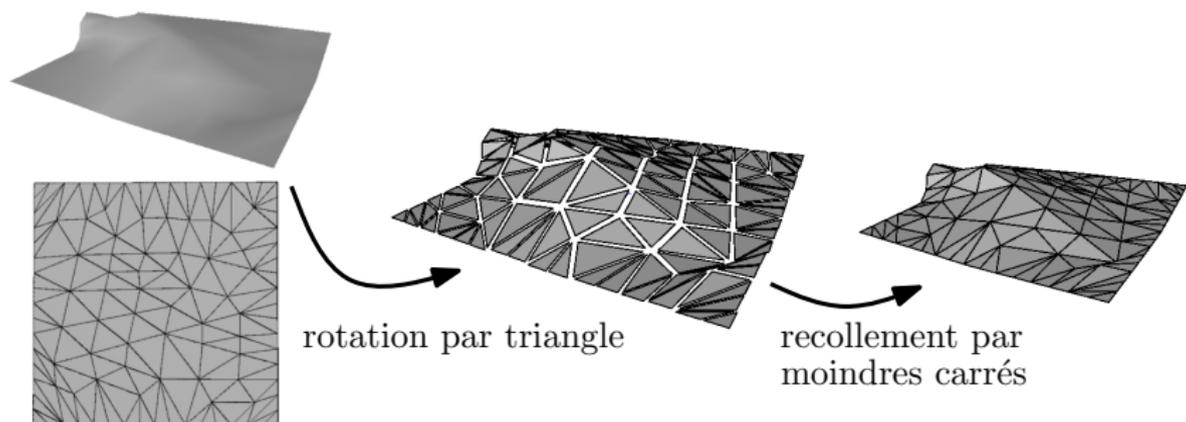
Choix du profil géométrique



- Profil optimal obtenu par minimisation non linéaire : $E = f(c)$.
- 6 degrés de liberté par courbe
- Courbe tracée si $E_1 < E_0$.

Relaxation globale

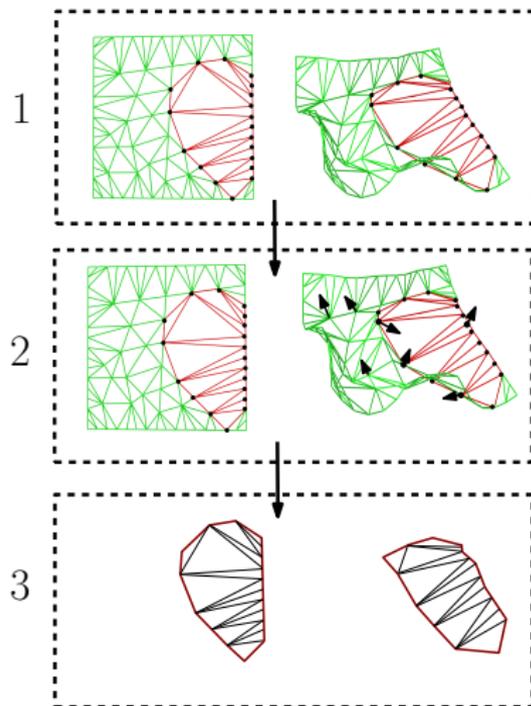
- Si $E_1 > E_0$, l'approche locale par cubique ne suffit plus.
- Relaxation linéaire par déformation globale *as rigid as possible*



[Sumner et Popovic; TOG 2004]

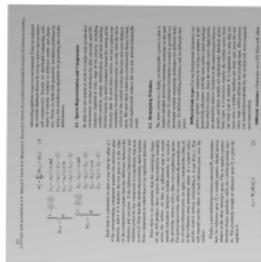
Relaxation globale

- 1 Aucune cubique ne convient
⇒ region=incomplète
- 2 Relaxation globale
- 3 Relance l'algorithme sur les régions incomplètes

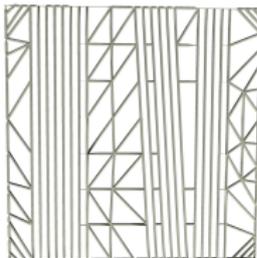


Résultats : papier

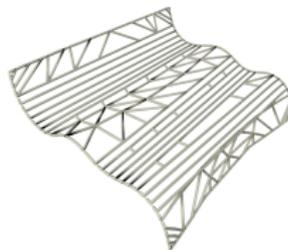
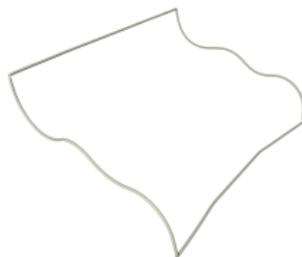
Entrée



Résultat



Résultat

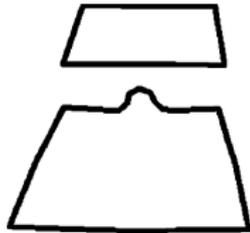


Vraie photo

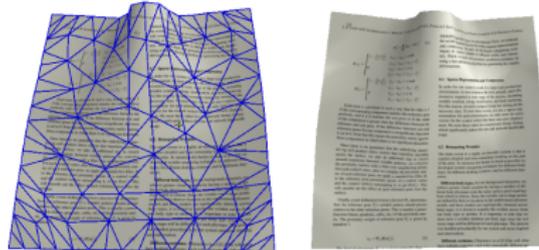


Résultats : bord pincé

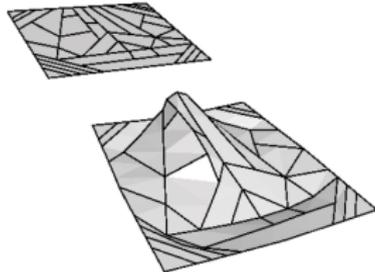
Entrée



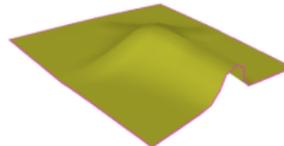
Résultat texturé



Résultat



Simulation

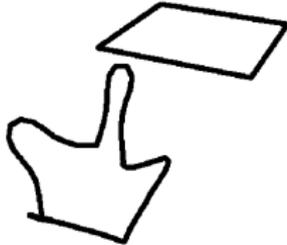


Vraie photo

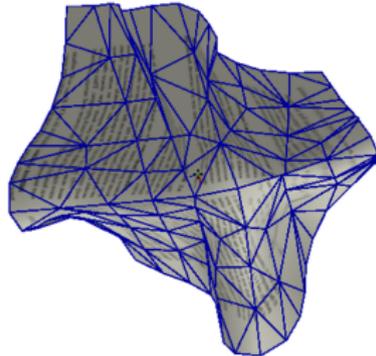


Résultats : bord fortement plissé

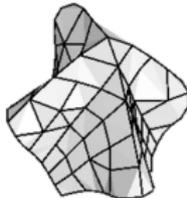
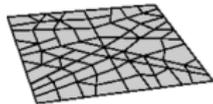
Entrée



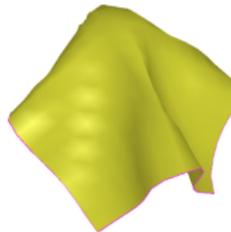
Résultat texturé



Résultat



Simulation



Vraie photo



Résultats

Entrée



Résultat texturé

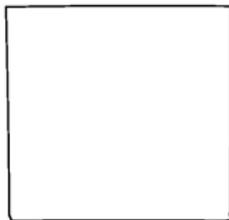


Résultat

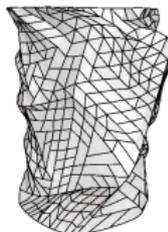
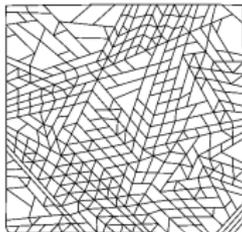


Résultats : cylindre

Entrée



Résultat



Résultat texturé

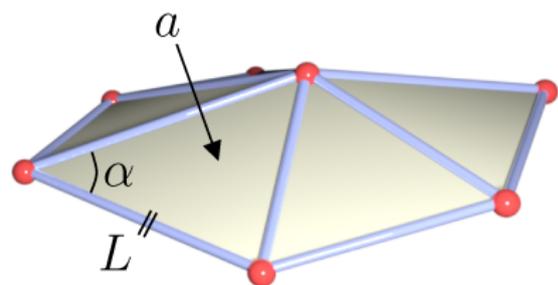
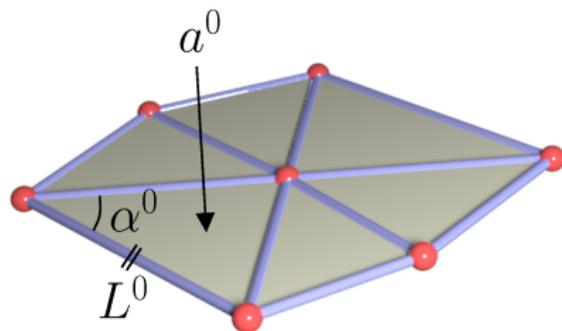


Résultats : aspect de tissu



Résultats quantitatifs

| | E_{length} | E_{angle} | $E_{\text{area}} \times 10^4$ | tps (s) |
|-----------|---------------------|--------------------|-------------------------------|----------|
| tendu | 0.21 (0.25) | 0.35 (1.90) | 1.3 (1.1) | 0.5 (20) |
| strip | 0.09 (0.21) | 0.16 (1.40) | 0.7 (1.1) | 0.3 (10) |
| gravité | 0.56 (0.79) | 2.60 (17.6) | 5.0 (2.0) | 0.5 (25) |
| pincé | 1.28 (2.50) | 2.89 (22.8) | 8.0 (18) | 7 (19) |
| origami | 1.28 (2.50) | 2.89 (22.8) | 8.0 (18) | 4 (20) |
| compressé | 1.50 (8.60) | 2.80 (68.7) | 8.0 (42) | 4 (13) |

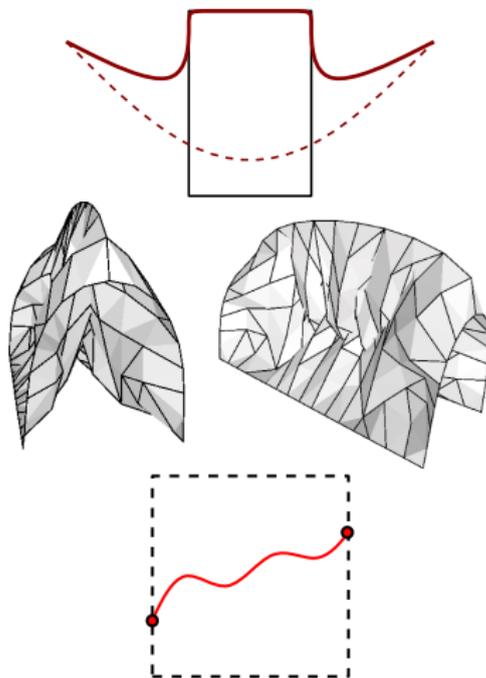


$$E_{\text{length}} = \sum_i (L_i^0 - L_i)^2; \quad E_{\text{angle}} = \sum_j (\alpha_j^0 - \alpha_j)^2; \quad E_{\text{area}} = \sum_k (a_k^0 - a_k)^2$$

Travaux futurs

Limites et travaux futurs

- ⊖ Animation
- ⊖ Donnée d'entrées
- Obstacles
- Auto-intersection
- Degrés supérieurs / courbes discontinues



Conclusion

- Entrelacement entre
 - 1 Découpage local
 - 2 Relaxation linéaire globale
- Résultats visuels plausibles
- Surface finale quasi-isométrique.
- Gestion automatique des plis.
- Temps de calcul raisonnable.

