

# Génération de surfaces isométriques à un patron par découpage récursif

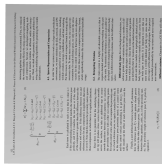
Damien Rohmer, Marie-Paule Cani, Stefanie Hahmann, et Boris Thibert.

Grenoble Universités, LJK  
31 Mars 2010

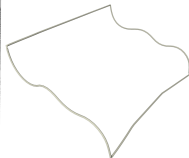
- 1** Introduction
  - Motivation
  - État de l'art
  - Notre Approche
- 2** Cas des surfaces tendues
  - Algorithme
  - Premières validations
- 3** Génération de plis géométriques
  - Subdivision locale
  - Relaxation globale
  - Résultats
- 4** Conclusion

# But

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

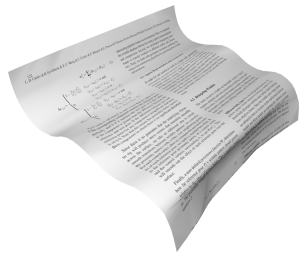


Patron 2D



Bord 3D

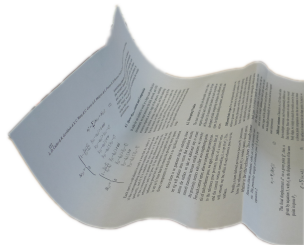
$\Rightarrow$



Surface  
developpable

# Difficultés

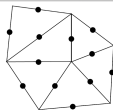
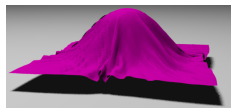
- Isométrie = Contrainte
    - Non linéaire
    - Globale
  - Surfaces **non lisses**
- ⇒ Cout en temps.
- ⇒ Stabilité.
- ⇒ Complexité des données d'entrée.
- ⇒ Respect de la contrainte.



# État de l'art : Approches physiques

## Simulation tissu + contraintes géométriques

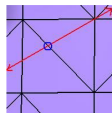
- [Choi, Ko ; TOG 2002]
- [Stumpp et al. ; VRIPhys 2008]
- [English, Bridson ; TOG 2008]



- ⊕ 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

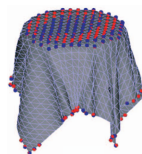
## Critère de développabilités

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



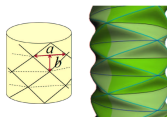
## Deformation de maillage

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



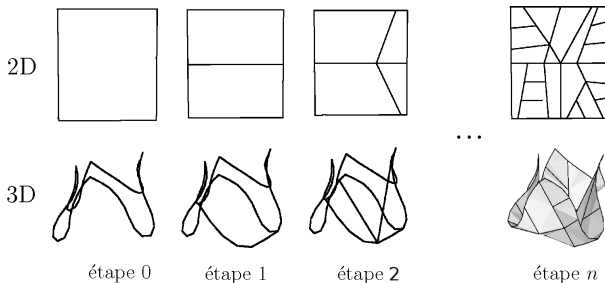
## Approche procédurale

- [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



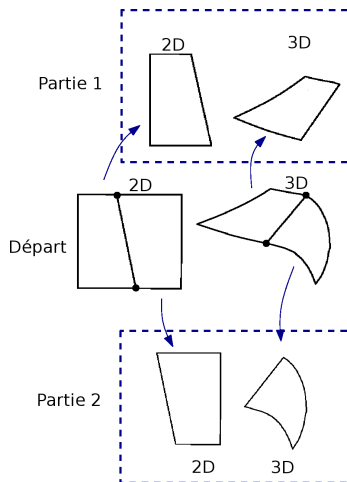
# Principe général

## 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.

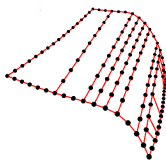
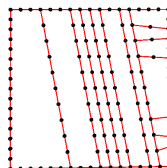
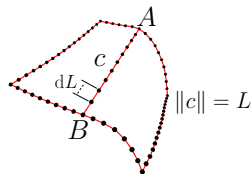
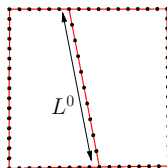


## Calcul de la courbe la plus tendue

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

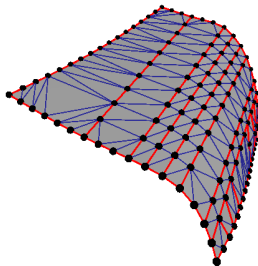
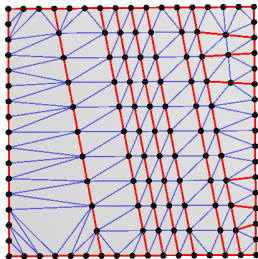
En pratique :

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



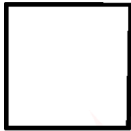
# Maillage des régions

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

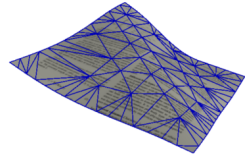


# Surface tendue 1

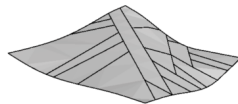
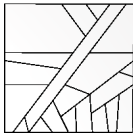
Entrée



Résultat +  
texture



Résultat

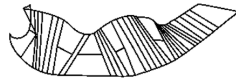


## Surface tendue 2

Entrée



Résultat

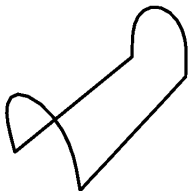
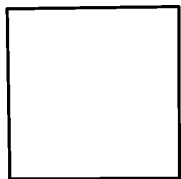


Résultat  
texturé



## Surface tendue 3

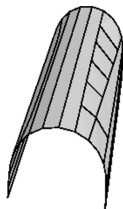
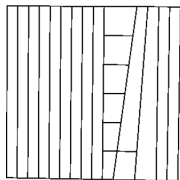
Entrée



Résultat texturé



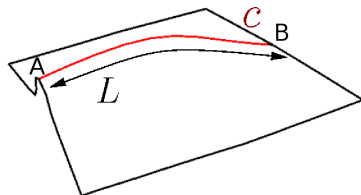
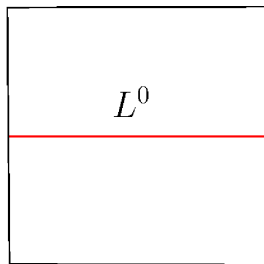
Résultat



- 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

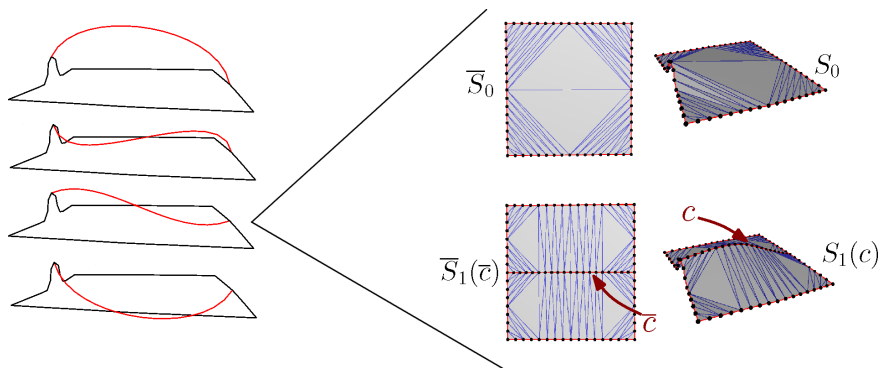
## Problématique du cas plissé

- 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



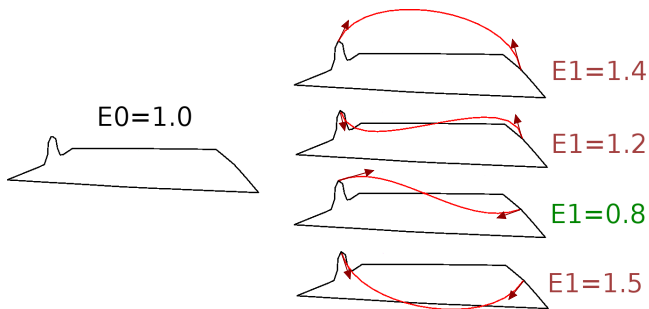


# Choix du profil géométrique



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

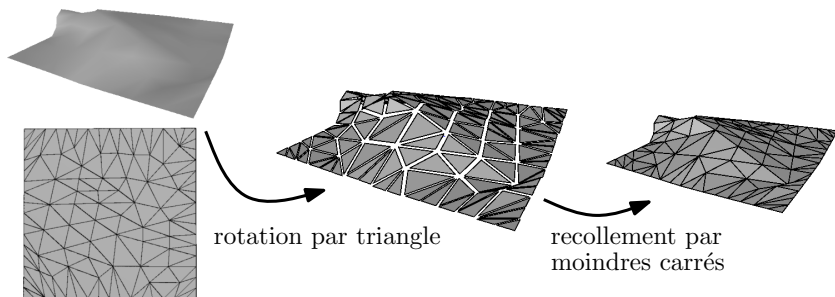
## Choix du profil géométrique



- 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

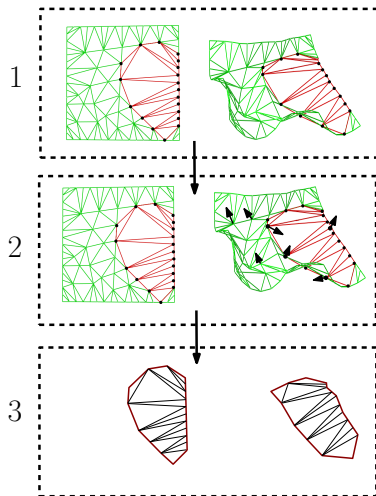
- Si  $E_1 > E_0$ , l'approche locale par cubique ne suffit plus.
- Relaxation linéaire par déformation globale *as rigid as possible*



[Sumner et Popovic; TOG 2004]

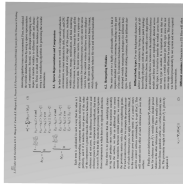
# Relaxation globale

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

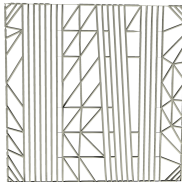


# Résultats : papier

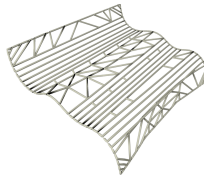
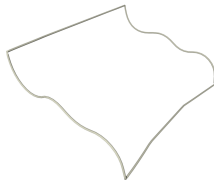
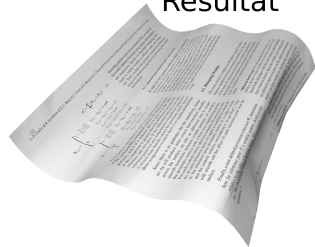
Entrée



Résultat



Résultat

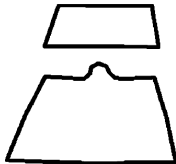


Vraie photo

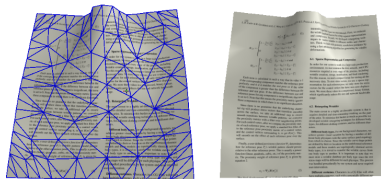


# Résultats : bord pincé

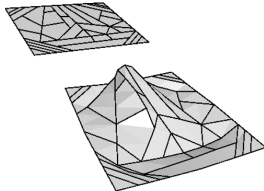
Entrée



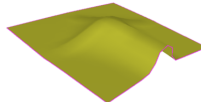
Résultat texturé



Résultat



Simulation

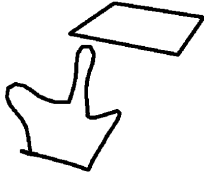


Vraie photo

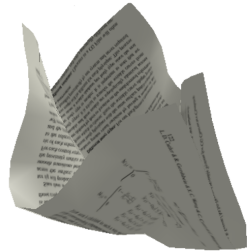
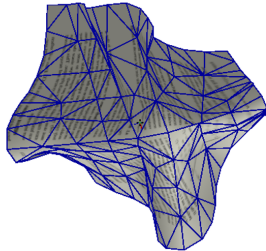


## Résultats : bord fortement plissé

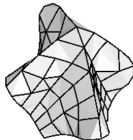
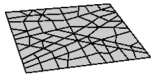
Entrée



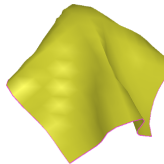
Résultat texturé



Résultat



Simulation

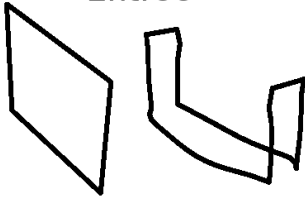


Vraie photo

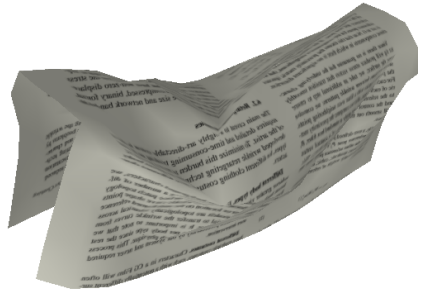


# Résultats

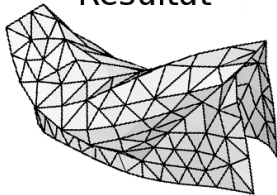
Entrée



Résultat texturé



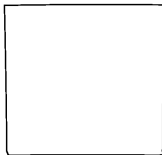
Résultat



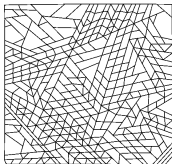


## Résultats : cylindre

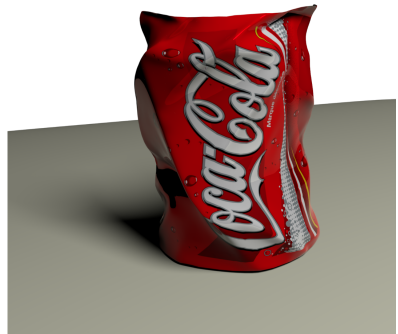
Entrée



Résultat



Résultat texturé

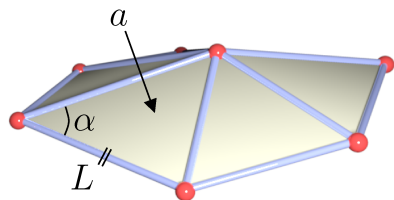
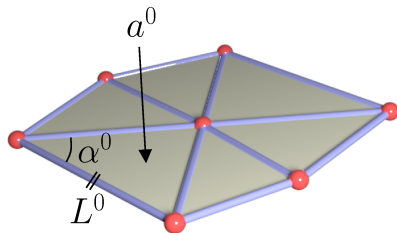


## Résultats : aspect de tissu



## Résultats quantitatifs

	$E_{\text{length}}$	$E_{\text{angle}}$	$E_{\text{area}} \times 10^4$	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)

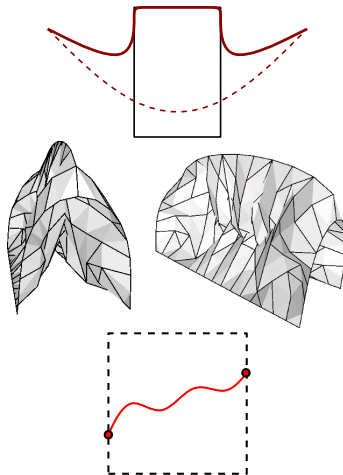


$$E_{\text{length}} = \sum_i (L_i^0 - L_i)^2; \quad E_{\text{angle}} = \sum_j (\alpha_j^0 - \alpha_j)^2; \quad E_{\text{area}} = \sum_k (a_k^0 - a_k)^2$$

## **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.

